(Vol. XXXIV LI degli Atti) 10-25 Gennaio 1947 N. 1
Pubblicato il 28 Febbraio 1947

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, Direttore della Rivista – U. BORDONI – M. SEMENZA – G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, Redattore Capo – F. NERI – G. SILVA, Redattori M. BOELLA – P. LOMBARDI, Collaboratori ordinari

AMMINISTRAZIONE: Ufficio Centrale dell'A. E. I. – Milano - Via San Paolo, 10 - Tel. 13-713 e 82-086 - C/C Postale 3/1189

È gradita la collaborazione dei lettori. – Gli articoli di interesse generale accettati dalla Redazione sono compensati
Gli scritti dei singoli Autori non impegnano la Redazione e quelli della Redazione non impegnano l'A. E. I.
I manoscritti non si restituiscono. Spedizione in abbonamento postale

Si invia gratis ai soci della A. E. I. – In Italia: abbonamento annuo L. 1800,—; per l'Estero L. 2500,—
prezzo del presente fascicolo: per i soci dell'A. E. I. L. 125,—; per i non soci L. 180,—; per l'Estero L. 250,—

SOMMARIO

Parte Prima

Articoli:
Dalle ultime esperienze Marconi ai radar: progressi nel campo delle ultrafrequenze (G. Montefinale) . . . . Pag. 2
Equazione esatta per il calcolo del cambiamento di stato delle funi sospese (G. Quilico) . . . . . » 13
Gli schemi funzionali - Note sul loro uso pratico (E. Bianchi) » 19
Lettere alla Redazione: Il comando Thy-mo-trol (C. Cardini) . » 24
Notizie e Informazioni . . . . . » 25
Libri e Pubblicazioni . . . . . » 26
Dalle Riviste . . . . . » 27

Notizie dell'Associazione:
Verbale dello scrutinio relativo al referendum indetto per la approvazione dello Statuto dell'Associazione . . . Pag. 29
Consiglio generale: Verbale della seduta straordinaria del 20 dicembre 1946 - Milano . . . . . » 29
Notizie delle Sezioni: Sezione di Genova . . . . . » 29
Sezione di Milano. . . . . » 32
Attività delle Sezioni: Sezioni di Bologna, Genova e Milano » 32

Parte Seconda

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 1 D
Cronaca Tecnica . . . . . » 8 D

1947

Il voto e l'augurio di tutti gli Italiani e, si può dire, di tutti gli uomini di buona volontà, in questo inizio d'anno è che il 1947 segni veramente l'inizio di quella ripresa di cui da venti mesi si attendono i primi chiari segni; che, deposti finalmente egoismi più o meno sacri e spiriti di faziosità, tutti, in alto e in basso, si convincano che il *fare* è infinitamente più necessario ed urgente che non il *discutere*.

In particolare un deciso ritorno verso la normalità devono augurarsi tutti i soci dell'A.E.I. per la quale il 1947 si presenta come un anno di particolare impegno, dato che in esso l'Associazione compie il suo primo cinquantennio di vita.

Per quanto poco favorevoli possano essere ancora le condizioni generali, una ricorrenza di tale importanza dovrà pur essere degnamente celebrata. Ed altrettanto degnamente celebrato dovrà essere il cinquantenario Marconiano delle radiotrasmissioni che si è deciso ufficialmente di far cadere nel 1947, per quanto gli eventi decisivi nelle storiche esperienze di Guglielmo Marconi si siano svolti fra il 1895 ed il 1901.

Ma indipendentemente anche da tali eventi straordinari, il 1947 dovrà essere per l'A.E.I. un anno di intenso lavoro per riportarsi, sotto tutti i punti di vista, al livello a cui già era salita prima dell'ultimo cataclisma mondiale. Anche questa nostra rivista, se pure è riuscita quasi miracolosamente ad assicurare la continuità delle sue pubblicazioni, è ancora ben lontana, sotto ogni riguardo, da quella che i soci tutti desidererebbero.

Chi abbia occasione di sfogliare le primissime annate de *L'Elettrotecnica* rimane colpito dalla bellezza della carta, dalla spaziosità della composizione, anche se non ricorda come la rivista si pubblicasse allora puntualmente il 5, il 15 ed il 25 di ogni mese. Poi venne la prima guerra ad abbassare il tono della rivista che nel 1918-1919 toccò un minimo. La ripresa fu lenta; tuttavia negli ultimi anni che precedettero il secondo cataclisma la forma e la sostanza della rivista (pure ridotta a due fascicoli al mese) potevano considerarsi soddisfacenti.

Oggi siamo ad un solo fascicolo al mese che, nonostante tutti gli sforzi della redazione, si pubblica generalmente con oltre un mese di ritardo... Anche dal punto di vista della sostanza tutti gli sforzi ed i tentativi della redazione — di cui è traccia in molte N.d.R. di Capodanno — sono rimasti frustrati dagli avvenimenti ed i soci giustamente vorrebbero una maggior ricchezza di notizie tecniche ed una maggior varietà di contenuto, tale da accontentare la grande varietà dei gusti e delle tendenze, necessariamente eterogenee, dei nostri cinquemila lettori. Contiamo in proposito di pubblicare in un prossimo numero uno scritto del collega Marin che avrebbe dovuto essere discusso nell'ultima assemblea dei soci, e potremo allora ritornare più ampiamente sull'argomento.

Oggi basta rilevare che il problema del miglioramento della rivista è essenzialmente un problema economico, come d'altronde tutti gli altri che l'A.E.I. dovrà risolutamente affrontare. Fra questi dobbiamo prima di tutto ricordare quello di *Alta Frequenza* (di cui già altra volta ci siamo intrattenuti) la quale è stata assai duramente provata dalle vicende della guerra; ma non vanno dimenticati i *Rendiconti*, l'*Annuario*, la *Statistica*, le monografie ed in generale tutte le altre pubblicazioni dell'A.E.I., fra le quali osiamo ancora ricordare quell'*Enciclopedia elettrotecnica* che, nata sotto i migliori auspici, fu stroncata sul sorgere dallo scoppio della guerra.

Come i lettori vedranno in altra parte del giornale, il nuovo statuto dell'A.E.I. (di cui a suo tempo fu diramato il testo definitivo) fu approvato con votazione veramente plebiscitaria. In base ad esso sono in corso, mentre scriviamo, le votazioni per la elezione della nuova Presidenza Generale. È da sperare che questa possa insediarsi regolarmente ai primi di febbraio ed accingersi subito ai poderosi compiti che la attendono.

Al cordiale augurio che fin d'ora ad essa rivolgiamo, possiamo aggiungere che non le mancherà l'appassionato aiuto di tutto il personale dell'A.E.I. e, soprattutto, l'appoggio morale e materiale dei cinquemila soci sparsi in tutta Italia.

Quindici anni di storia della radio.

La celebrazione marconiana che, come abbiamo sopra detto, è progettata per il corrente anno, non dovrà soltanto ricordare i meriti del grande italiano come inventore delle radiotrasmissioni, ma anche mettere in evi-

denza i suoi contributi al successivo sviluppo e perfezionamento della nuova tecnica da lui introdotta.

Tali meriti sono invero maggiori di quanto siano spesso ritenuti. La sua opera non si è arrestata alle prime affermazioni, ma anche in altri campi Egli ha compiuto opera di pioniere quale soltanto l'intuito del genio, che valica il presente per proiettarsi nel futuro, poteva permettergli.

Questo può dirsi specialmente per quanto riguarda la tecnica delle microonde, delle possibilità delle quali Guglielmo Marconi si fece cultore e assertore deciso in tempi nei quali ciò sembrava urtare contro l'atteggiamento prevalente degli ambienti tecnici ufficiali.

Giova ciò ricordare in questi tempi nei quali assistiamo alle quasi miracolose affermazioni delle microonde. Gli sviluppi di questa tecnica sono stati talmente rapidi e vasti che solo, o quasi, gli specialisti delle radiotrasmissioni hanno potuto seguirli.

La guerra poi, colle sue tragiche e imperiose esigenze, ha spinto al parossismo l'attività dei ricercatori e degli sperimentatori; ne sono derivate, come è noto, realizzazioni di estremo interesse tecnico e di grande importanza pratica in tutti i Paesi, non escluso il nostro.

Sebbene ormai molto si sia scritto, anche sul nostro giornale, intorno alla moderna tecnica delle microonde, riteniamo che molti lettori non specializzati gradirebbero avere un quadro sintetico degli sviluppi avvenuti in questo campo.

A tale desiderio vuol soddisfare appunto l'articolo, che oggi pubblichiamo, dell'Ammiraglio G. MONTEFINALE il quale, partendo proprio dalle esperienze di Marconi sulle microonde, porta gradatamente il lettore fino alle più recenti affermazioni, rese note dopo la guerra.

Problemi meccanici delle condutture elettriche.

È noto come il problema dell'equilibrio meccanico delle condutture, affrontato generalmente in via approssimativa con la sostituzione della parabola alla catenaria, abbia trovato la sua soluzione esatta mediante le eleganti relazioni geometriche che l'ing. G. SILVA ha dimostrato per la catenaria, relazioni che hanno permesso di applicare la geometria esatta di tale curva allo studio delle condutture e di arrivare alla costruzione di diagrammi che possono essere predisposti in forma generale e rendono facili e immediate le determinazioni necessarie.

Non si può tuttavia negare la utilità di poter disporre talvolta anche di formule che possano condurre a risultati esatti anche quando non si disponga di detti diagrammi e che si prestino ad una calcolazione abbastanza rapida coi procedimenti comuni dell'algebra ordinaria.

A formule di tal genere giunge l'ing. G. QUILICO mediante un artificio di calcolo che gli consente di trasformare un'equazione trascendente in una equazione algebrica di 3° grado, senza perdere di precisione.

Gli schemi funzionali.

L'interesse pratico dei cosidetti schemi funzionali è ormai universalmente riconosciuto e il nostro giornale se ne è in passato largamente occupato.

Ma anche questo utile strumento di lavoro, come tutti gli altri, deve progressivamente evolversi e perfezionarsi per seguire l'evoluzione della tecnica degli impianti elettrici e le sue nuove esigenze.

L'ing. E. BIANCHI illustra appunto oggi sul giornale alcune applicazioni degli schemi funzionali a particolari circuiti elettrici e presenta anche proposte e osservazioni circa le modalità di esecuzione di tali schemi. Su tali proposte richiamiamo l'attenzione dei competenti poichè è sommamente desiderabile che in questo campo si mantenga una stretta uniformità di notazioni e di metodi, senza di che l'utilità degli schemi sarebbe in gran parte frustrata.

LA REDAZIONE

DALLE ULTIME ESPERIENZE MARCONI AI RADAR: PROGRESSI NEL CAMPO DELLE ULTRAFREQUENZE

GINO MONTEFINALE

È una rassegna del progresso realizzato nel campo delle ultrafrequenze (onde decimetriche e centimetriche), a partire dalle esperienze iniziate da Guglielmo Marconi nel 1931, considerato fondatore della nuova tecnica e partecipe, quindi, della riconoscenza dovuta agli ideatori dei radar. Si tratta dei generatori a linea di trasmissione ed a cavità e delle guide iperfrequenti; si accenna ai principali tipi di tubi elettronici per microonde ed infine ai radar, dei quali è data una classificazione.

I. - PREMESSA.

La radio si distingue, fra i diversi rami della scienza dell'elettricità, pel suo progresso rapido e mutevole, caratterizzato da profonde, e talvolta radicali, trasformazioni, ad intervalli relativamente brevi, nei sistemi e nei materiali impiegati, e per aver tratto vantaggio, agli effetti del normale sviluppo e delle sue applicazioni in tempo di pace, dalle due grandi guerre trascorse, che pur causarono tanti mali, nonchè stasi o regresso in altre branche dell'umano sapere.

Così la prima guerra mondiale, col promuovere l'uso dei trasmettitori ad arco Poulsen e degli alternatori ad alta frequenza, ed in ultimo degli apparecchi a valvola, ha dato forma alla tecnica delle onde persistenti, segnando il tramonto delle scintille, mentre in altro campo creava la radiogoniometria; la seconda guerra mondiale, con l'enorme estensione data ai radar d'ogni tipo e loro derivati ha accelerato la messa a punto delle microonde, condensando negli anni del conflitto un progresso, a compiere il quale non sarebbero bastate due dècadi di sviluppo pacifico normale (1).

Riandando ai precedenti di quest'ultimo progresso, non si può fare a meno di notare che quando Guglielmo Marconi iniziava nel 1931 le sue esperienze sulle microonde — che furono, purtroppo, le ultime della sua carriera d'insuperato saggiatore d'ogni campo dello spettro radio — ben pochi condividevano, almeno ufficialmente, la sua illimitata fiducia nell'avvenire della nuova tecnica, sembrando ai più che le sue applicazioni dovessero esaurirsi in collegamenti a breve distanza, d'importanza secondaria.

Per contro, la di Lui insistenza a richiamare l'attenzione dei tecnici di tutto il mondo sulle anomalie di portata (ora meglio spiegabili) riscontrate durante le prove in Tirreno del 1932-1933 e l'essersi fatto, con l'autorità del suo nome, propagandista della nuova tecnica, dichiarandola, presso importanti consessi, « *suscettibile di estendere considerevolmente il già vasto campo delle applicazioni delle onde elettriche* » (2), giudicati oggi, dopo i trionfi dei radar, sono chiara dimostrazione ch'Egli vedeva, come al solito, molto più in là dell'ambiente utilizzatore ufficiale, e che vi era nelle profondità del suo genio una concezione assai vasta delle possibilità racchiuse nella scoperta di Barkhausen e Kurtz.

(1) *Into the four war years, engineering advances which might not have been achieved in two decades of peace were compressed* ». Four Years of Engineering Advances. « Electronics », marzo 1946, pag. 92.

(2) Memoria letta alla riunione della « Royal Institution of Great Britain » il 2 dicembre 1932.

Fu Marconi a rendere attuali in tutto il mondo studi teorici, ricerche ed esperienze nel nuovo campo inesplorato, preparando il terreno ai successivi sviluppi del tempo di guerra. Niun dubbio quindi che debba andare a Lui una parte della riconoscenza che i popoli hanno giustamente tributata agli ideatori dei radar.

Una rassegna completa del progresso realizzato nel campo delle ultrafrequenze non è ancora possibile, in quanto molti dei nuovi ritrovati e loro parti sono sempre sottoposti a segreto militare, nè si può contare in pieno sul funzionamento dei centri internazionali di documentazione.

Debbo quindi limitarmi a mettere in risalto tendenze, notizie e particolarità di alcuni determinati settori, e poichè il campo è vasto, mi auguro che altri sia invogliato a completare i dati mancanti quando in possesso del materiale necessario.

II. - MARCONI E LE MICROONDE.

Dopo le esperienze famose di Hertz, che nel 1887 aveva prodotto onde di 50 cm di lunghezza, di Righi, che nel 1894 era sceso progressivamente ai 10 cm (e, pare, ai 20 mm), dello stesso Marconi che a Pontecchio, nel 1895, s'era servito di riflettori pieni cilindrico-parabolici con onde di 66 cm, e poi di Lebedew, di Bose, Lampa e Arcadiew, i quali, sempre con l'uso di oscillatori a scintilla, avevano raggiunto i limiti dello spettro infrarosso, nessuno, con i più perfezionati circuiti a valvole, era riuscito a realizzare onde di così bassa lunghezza.

Vi s'opponevano, infatti, le troppo elevate capacità interelettrodiche e il tempo di transito degli elettroni dal filamento all'anodo, il quale, alle frequenze elevatissime, diventa dello stesso ordine del periodo d'oscillazione, introducendo sfasamento tra tensione oscillante di placca e tensione oscillante di griglia, bloccando le oscillazioni medesime.

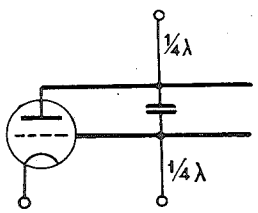

Fig. 1. — Utilizzazione con fili di Lecher di oscillazioni generate in triodo a campo frenante.

Per un caso fortuito Barkhausen e Kurz scoprivano nel 1919 la possibilità di produrre onde cortissime mediante l'inversione delle polarità applicate normalmente a griglia e placca, ed erano stati poi Gill e Morrell nel 1925 ed Uda nel 1928 a trarne oscillazioni con qualche rendimento in circuiti utilizzatori a fili di Lecher, come quello della fig. 1.

Dette oscillazioni erano dovute al moto pendolare degli elettroni che si stabilisce tra filamento e placca, ed i suddetti sperimentatori avevano poi constatato che la loro frequenza dipendeva non solo dalle dimensioni geometriche e dalle condizioni d'alimentazione dei triodi impiegati, ma anche dalla frequenza propria del circuito oscillante esterno.

Difatti, per posizioni opportune del condensatore scorrevole lungo la linea di Lecher, tali che la frequenza propria del circuito esterno fosse molto vicina a quella delle oscillazioni elettroniche nell'interno del triodo, essi riscontravano un'esaltazione del fenomeno e la possibilità di scendere molto in basso nelle lunghezze d'onde generate (Gill e Morrell fra 100 e 15 cm e il giapponese Uda addirittura a 5 cm).

Dell'originarsi di oscillazioni nell'interno di un triodo con griglia positiva ed anodo a potenziale negativo poco diverso da quello del filamento è stata data una spiegazione piuttosto semplice: Gli elettroni emessi dal catodo subiscono una prima accelerazione nello spazio catodo-griglia; alcuni di essi sono captati da questa, gli altri percorrono lo spazio griglia-placca diminuendo continuamente di velocità (d'onde la denominazione di *triodi a campo frenante*), poi si fermano e tornano verso la griglia, ma una parte di essi, attraversata nuovamente la griglia con grande velocità si dirige, rallentando, verso il catodo, per poi tornare indietro, attraversare la griglia una seconda volta e così via [3].

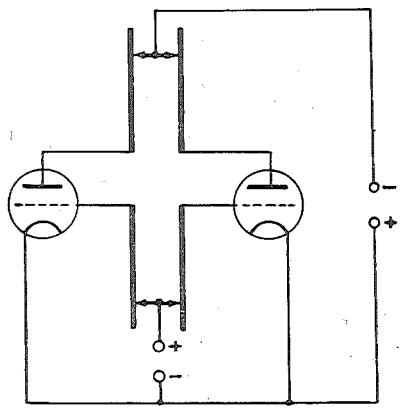

Fig. 2. — Oscillatore elettronico usato da Marconi nel 1931.

Il principio ha importanza — e per questo l'ho ricordato — in quanto, oltre a tutto, ha servito a schiudere la via ad uno studio più profondo dei fenomeni balistici ed ondulatorii nell'interno dei tubi elettronici, portando alla realizzazione dei nuovi tipi ai quali si deve in gran parte l'attuale progresso nel campo delle microonde.

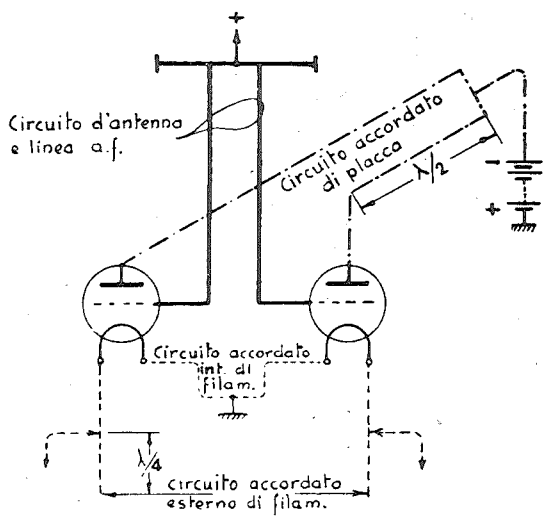

Fig. 3. — Trasmettitore a 4 circuiti usato nelle esperienze Marconi.

Marconi nel 1931, allo scopo di aumentare la potenza, relativamente bassa, messa in giuoco pensò d'usare due triodi di tipo normale disposti secondo il circuito simmetrico della fig. 2, ottenendo valori di potenza oscillatoria che, per allora, erano abbastanza elevati, ma con eccessivo cimento, e conseguente brevissima vita, dei triodi.

---

[3] N. CARRARA: *Microonde*. « Alta Frequenza », novembre 1936, pag. 79.

Pertanto, dopo molte prove si decideva ad abbandonare il circuito Gill-Morrell, sostituendovi quello speciale a 4 circuiti distinti di fig. 3, servendosi di nuovi tipi di valvole fatti costruire nelle Officine Marconi di Genova

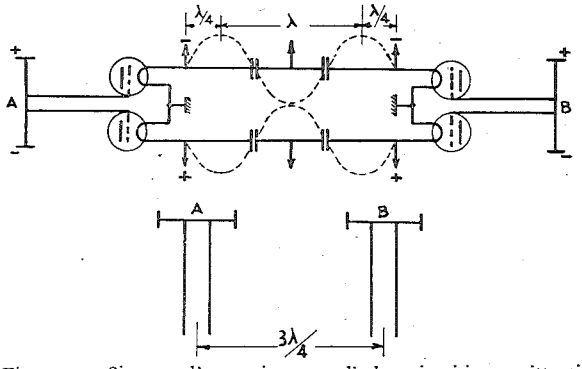

Fig. 4. — Sistema d'accoppiamento di due circuiti trasmittenti in fase, distanziati $3\lambda/4$.

ed impiegando come radiatori aerei a dipolo portanti alle estremità piccole capacità terminali a disco (4).

In detto trasmettitore la frequenza d'oscillazione, e quindi l'onda emessa, dipendevano principalmente dall'accordo del circuito di placca e da quello del circuito interno di filamento.

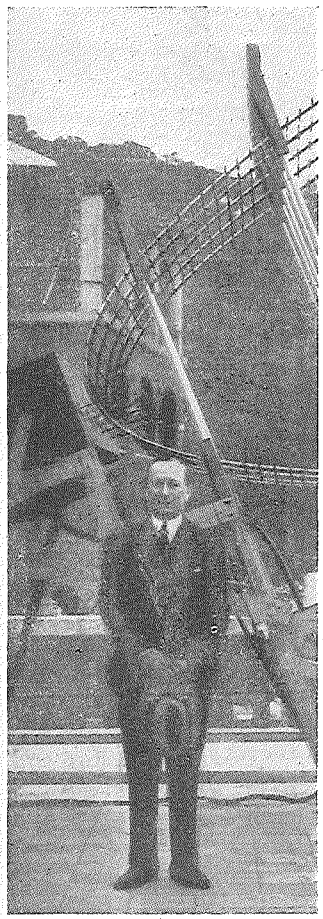

Fig. 5. — Marconi e il suo riflettore a spina di pesce.

Per aumentare la potenza irradiata Marconi adoperava un trasmettitore multiplo costituito da varie unità trasmettenti in parallelo, con gli aerei disposti in linea e distanti in modo da assicurare il massimo effetto direttivo (fig. 4), ottenendo buon rendimento nell'intervallo d'onda 55-35 cm.

Un analogo sistema ad accoppiamento multiplo veniva adottato pei riflettori, consistente in sbarre libere ai loro estremi, ognuna sostenuta nel suo punto di mezzo da un tubo di rame piegato secondo una curva parabolica.

Ne risultava così un riflettore del tutto originale, detto « a spina di pesce » (fig. 5), d'apertura 3 lunghezze d'onda, e dimostratosi, in quel tempo, assai più efficiente dei riflettori a specchio pieno usati dalla Standard nelle note esperienze del 1930 fra Dover e Calais, impiegando trasmettitori Barkhausen con onda 18 cm. Analoghi criteri erano stati seguiti da Marconi nella costituzione del sistema ricevente, ottenendo conferma che nella ricezione gli elettrodi attivi dei triodi sono le placche e queste debbono essere connesse all'aereo, anzichè le griglie.

(4) GUGLIELMO MARCONI: *Radiocomunicazioni con onde cortissime*. « Alta Frequenza », n. 1, marzo 1933, pag. 5.

Circa i risultati delle prove a distanza, che nessun precedente sperimentatore aveva mai raggiunto, mi limito a ricordare che Marconi, nella quasi totalità delle esperienze, aveva impiegato un trasmettitore composto da 4 unità come in fig. 4 in parallelo agenti su 5 riflettori. Dato l'interesse storico che le prove racchiudono, ne riproduco qui in appresso la successione cronologica:

Ottobre 1931: In r.t.f. tra Santa Margherita Ligure (quota 50 m) e Sestri Levante (quota 70 m), distanza 18 km.

Novembre 1931: In r.t.f. tra Santa Margherita Ligure (quota 50 m) e Levanto (quota 110 m), distanza 36 km.

Aprile 1932: In r.t.f. duplex fra Santa Margherita Ligure e Sestri Levante.

Maggio 1932: Collegamento r.t.f. stabile fra il Vaticano e Castel Gandolfo, distanza 20 km.

Luglio 1932: In r.t.f. fra Santa Margherita Ligure e l'yacht ELETTRA, distanza raggiunta 20 km oltre la portata ottica.

2 Agosto 1932: In r.t.f. fra Rocca di Papa (quota 750 m) e l'ELETTRA ad Ostia, distanza raggiunta 29 km.

3 Agosto 1932: In r.t.f. fra Rocca di Papa e l'ELETTRA in mare, distanza raggiunta 85 km.

6 Agosto 1932: In r.t.f. fra Rocca di Papa e l'ELETTRA in Mare, distanza raggiunta 107 km (10 oltre portata ottica).

10 Agosto 1932: In r.t.f. fra Rocca di Papa e l'ELETTRA in mare, distanza raggiunta 224 km (127 oltre portata ottica).

11 Agosto 1932: In r.t.f. fra Rocca di Papa e Semaforo CAPO FIGARI (quota 340), distanza raggiunta 269 km (115 oltre portata ottica).

15 Agosto 1933: In r.t.f. fra Santa Margherita e l'ELETTRA in mare: distanza raggiunta 258 km (4 volte distanza ottica).

26 Luglio 1934: In r.t.f. fra l'ELETTRA e il radiofaro di Sestri Levante, onda 63 cm.

Le date segnate sono quelle di prove eseguite alla presenza di rappresentanze ufficiali.

III. - PARTICOLARITÀ DI CIRCUITI NELLA NUOVA TECNICA.

1. *In genere.*

Alcuni anni di progresso nelle comunicazioni con onde ultracorte e nel campo televisivo, nel quale si usano normalmente frequenze superiori ai 50 Mc/s (onde inferiori ai 6 m), fornivano in un primo tempo i necessari orientamenti alla tecnica delle u. f. in materia di circuiti e valvole relative. E ciò per la comune necessità di sostituire ai circuiti classici con condensatori ed induttanze di tipo normale quelli con costanti distribuite (a linee di trasmissione parallele o concentriche)e d'impiegar valvole aventi capacità interelettrodiche e tempo di transito degli elettroni minimo.

Al disopra dei 2000 Mc/s (λ inferiori a 15 cm) nemmeno le linee di trasmissione garantiscono più il minimo di perdite per effetto Joule, nei dielettrici o per irradiazione richiesto agli effetti di un buon rendimento, e bisogna ricorrere necessariamente ai risonatori e alle guide a cavità.

Anche le valvole tipo « ghianda » (dalle quali è derivata la serie « *miniatura* ») ed i tetrodi a fascio, usati con vantaggio negli anni immediatamente successivi alle esperienze Marconi, non risultarono più conformi alla maggiore richiesta di potenza e all'aumentato limite superiore delle frequenze d'esercizio.

Quanto alla potenza, la difficoltà di progettare tubi adatti per u.f. cresce molto rapidamente col crescere della potenza richiesta, pel contrasto esistente fra la necessità di dare agli elettrodi un conveniente sviluppo, agli effetti della dissipazione del calore, e quella che le loro

dimensioni non eccedano una piccola frazione della lunghezza d'onda generata.

Tuttavia i nuovi tipi di triodi ad elettrodi piatti molto ravvicinati, con passanti anulari di bassa induttanza e minima resistenza, detti *disc-sealed*, per il sistema speciale di saldatura al vetro (ed anche *lighthouse* e *megatron*) hanno avuto largo impiego in tutti i casi in cui non si richiedono forti potenze in giuoco, nonchè per ricezione, prestandosi particolarmente per la facile inserzione in linee risonanti.

Per potenze d'ordine elevato sono stati costruiti nuovi tetrodi raffreddati a circolazione d'acqua, come ad es. il *resnatron*, ma per frequenza non superiore a 600 Mc/s.

Alle frequenze superiori ai 2000 Mc/s i tubi maggiormente impiegati sono i *magnetron* e i *klystron* a cavità, e specialmente il primo, che permette l'impiego di potenze di cresta elevatissime nella trasmissione radar ad impulsi.

2. *Generatori-pilota a quarzi.*

Con i mezzi attualmente disponibili si possono tagliare lamine di quarzo così sottili da potersene servire nella generazione di frequenze dell'ordine dei 10 Mc/s ed anche più elevate. Così, negli S.U.A. si sarebbe arrivati ad un minimo di spessore di 0,003 pollici (0,0076 cm), con la possibilità di generare frequenze di 50 Mc/s [5].

È ovvio che generatori di tale tipo per onde cortissime dovranno essere sempre completati da stadi successivi di moltiplicatori di frequenza ed amplificatori, a pentodi preferibilmente, onde evitare i dispositivi di neutralizzazione.

Salvo che negli apparecchi per radiocomunicazioni di tipo mobile, nei quali i cristalli risultano sempre assai pratici, anche nei riguardi del rapido cambio d'onda, nonchè nei video-relè, negli altri campi d'applicazione ad u. f. vi è ora la tendenza a servirsi preferibilmente degli oscillatori a linea di trasmissione e di quelli a cavità.

3. *Generatori-pilota a linea di trasmissione.*

Sono oscillatori a valvola comandati da speciale circuito risonante il quale, anzichè essere composto di circuito sintonizzato con capacità ed induttanze di tipo normale, comprende una linea di trasmissione vibrante su 1/4 della lunghezza d'onda prevista. Ciò permette, oltre a tutto, di generare la frequenza richiesta a livello di potenza piuttosto elevato, eliminando l'uso di circuiti intermedi di moltiplicazione e d'amplificazione. È ovvio

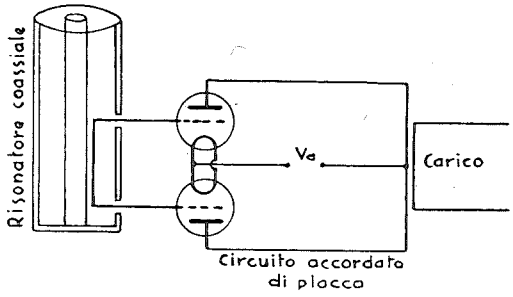

Fig. 6. — Generatore pilota a linea risonante concentrica con circuito eccitatore in controfase.

che questi tipi di risonatori sono pratici soltanto nel caso delle onde cortissime, in cui una linea di 1/4 d'onda costituisce un tratto assai poco ingombrante.

Nel tipo comunemente usato, a linea concentrica (o coassiale), si notano (fig. 6) due cilindri concentrici, composti di metallo indeformabile col variare della temperatura, e rigidamente connessi ad un'estremità a mezzo di un pesante disco metallico che li mantiene esattamente centrati. Essi sono normalmente ramati od argentati per rendere massima la loro conduttività superficiale, agli effetti dello « skin effect », e la loro congiuntura al disco-base dev'essere la più intima possibile, ricorrendo, se del caso, alla brasatura.

Si può dimostrare che la stabilità di questo generatore è funzione del coefficiente di qualità del circuito, che raggiunge il massimo adottando 3,6 come rapporto fra i diametri dei cilindri, e dando valore piuttosto alto al diametro del cilindro esterno.

Un risonatore di questo tipo ben costruito può raggiungere valori di Q fra 5000 e 10 000 e stabilità di frequenza di poche centinaia di periodi su 40 milioni [6].

Il circuito a valvola accoppiato all'oscillatore è generalmente del tipo in controfase, che ne rende facile il bilanciamento, disponendo la linea risonante di trasmissione sul circuito di griglia. L'accoppiamento è operato a mezzo di un piccolo cappio disposto in modo da concatenare il massimo flusso prodotto dalla corrente nel cilindro interno, in prossimità di un ventre di corrente dell'onda stazionaria, e cioè presso il disco-base d'unione. Il circuito di placca consiste generalmente in una linea di trasmissione a basso Q.

4. *Oscillatori a cavità.*

Sono costituiti da superficie conduttrici completamente chiuse, di forma geometrica semplice (scatola a sfera, a cilindro, parallelepipede, ecc.) oppure di forma complessa a solido deformato, come nel caso in cui essi fanno parte integrante di speciali tubi elettronici.

Se nella regione interna della cavità si forma una perturbazione elettromagnetica — ad esempio mediante un circuito a linea come in fig. 7 [7] — per il giuoco d'interferenze fra detta perturbazione diretta e le riflessioni della medesima sulla parete che circoscrive la cavità, si originano onde spaziali stazionarie, con formazione di regioni ventrali e nodali per il campo elettrico e quello magnetico.

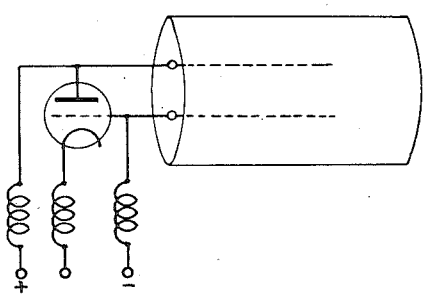

Fig. 7. — Risonatore cilindrico a cavità eccitato con triodo e linea aperta.

La distribuzione delle correnti e delle tensioni alle pareti della cavità avviene in base a leggi piuttosto complesse, il cui studio si fa applicando le equazioni di Maxwell. Se ne ricavano formule pratiche che danno le dimensioni geometriche e le caratteristiche elettriche del risonatore in base alla frequenza di risonanza richiesta.

Per ogni forma geometrica semplice esistono varie onde di risonanza e si prende come fondamentale, o naturale, la maggiore di esse.

Ad es. per un cilindro di diametro base $2r$ la fondamentale è $\lambda = 2{,}61\, r$, ed è indipendente dalla sua altezza (pur essendo consigliabile che questa non oltrepassi

(5) *Four Years of Engineering Advances.* « Electronics », marzo 1946, pag. 108.

(6) V. K. ZWORYKIN e G. A. MORTON. « Television ». (John Wiley e Sons. New York; Chapman e Hall, London). Ed. 1945, pag. 485.

(7) P. L. BARGELLINI: *Oscillatori per onde decimetriche con circuiti a cavità.* « Alta Frequenza », XIV, settembre-dicembre 1945, pag. 169.

il diametro); per una sfera di raggio r la fondamentale è $\lambda = 2{,}28\ r$; per la cavità parallelepipeda a base quadrata di lato l è 1,41 l, e così via. Le altre frequenze superiori di ogni cavità non sono legate a quella fondamentale da rapporti esprimibili con numeri interi.

I risonatori a cavità incontrano sempre maggior favore nella tecnica delle microonde, oltrechè per le dimensioni relativamente grandi, che li rendono comodi e maneggevoli nella produzione delle onde più basse della scala centimetrica e per la loro facile adattabilità al corpo stesso dei tubi elettronici, anche perchè hanno coefficiente di qualità straordinariamente elevato. Dato che le correnti oscillanti circolano molto facilmente lungo le pareti del risonatore e che il campo è racchiuso completamente in esso, le perdite per effetto joule e per irradiazione si possono considerare nulle.

5. *Guida onde o radioguide* (*wave-guides*).

Come nei circuiti ad onde metriche e decimetriche ci si serve, pei collegamenti, o per convogliare la frequenza generata ai sistemi radianti, di linee di trasmissione parallele o coassiali, nel campo delle frequenze di 5000

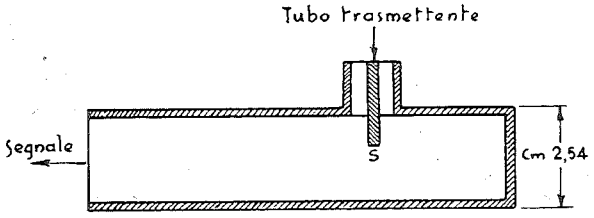

Fig. 8. — Tipo di radioguida per ultrafrequenze dell'ordine dei 5000 Mc/s, di sezione 2,54 × 5,08 cm.

Mc/s e più (onde inferiori ai 6 cm) conviene usare radioguide a cavità, costituite generalmente da tubi a sezione rettangolare.

Ad es. il tipo di guida rappresentato nella fig. 8 è stato impiegato con vantaggio in un impianto di radiofonia

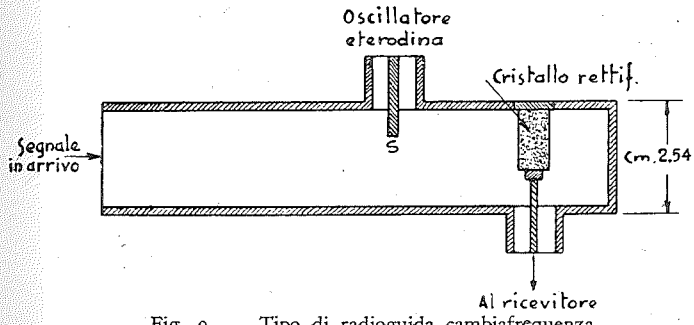

Fig. 9. — Tipo di radioguida cambiafrequenza.

su frequenza di 5300 Mc/s (λ = 5,6 cm) con tubo elettronico klystron, per convogliare dal tubo al riflettore parabolico la potenza generata (8).

La guida rappresentata è di sezione rettangolare 2,54 × 5,08 cm (1″ × 2″), è chiusa ad un estremo ed aperta all'altro, posto sul punto focale del riflettore. Il segnale generato nel klystron viene introdotto nel risonatore a mezzo dell'innesto-sonda S visibile nella parte alta.

È da tener presente che una guida a cavità ha comportamento simile a quello di un filtro passa-alto, ed è quindi condizione per dar passaggio al segnale che la frequenza di questo sia superiore alla frequenza di taglio del risonatore.

(8) *Duplex Phone on 5300 Megacycles*, by Reuben Merchant and A. E. Marrison. Riv. «Q.S.T.», gen. 1946, XXX, n. 1, pag. 19-24.

Analogo sistema a guida d'eguali dimensioni è stato impiegato per ottenere la media frequenza nella ricezione a supereterodina del segnale 5300 Mc/s (fig. 9).

La parte aperta del risonatore tubolare è rivolta sul punto focale del riflettore parabolico ricevente; la frequenza generata dall'oscillatore locale è immessa nella cavità a mezzo del solito innesto-sonda S; verso la parte chiusa di fondo viene collocata una capsula con cristallo ricevente (ad es. contatto silicio-tungsteno) connesso a mezzo di cavetto coassiale al ricevitore. Nel cristallo avviene la mescolazione delle due frequenze nella frequenza intermedia di funzionamento.

Anche gli ondametri usati per le ultrafrequenze possono essere costituiti a mezzo di radioguide sul tipo di quella rappresentata nella fig. 10.

La radio frequenza da misurare viene introdotta dall'apertura di destra con cavetto coassiale terminante in un piccolo cappio; presso l'apertura di sinistra è collocata, su altro cappio, una capsula con cristallo rettificatore, congiunta esternamente ad un micro o milliamperometro a corrente continua, da usarsi come indicatore di risonanza. Dall'apertura superiore entra un asse cilindrico scorrevole munito di graduazione e non in contatto metallico col corpo del risonatore.

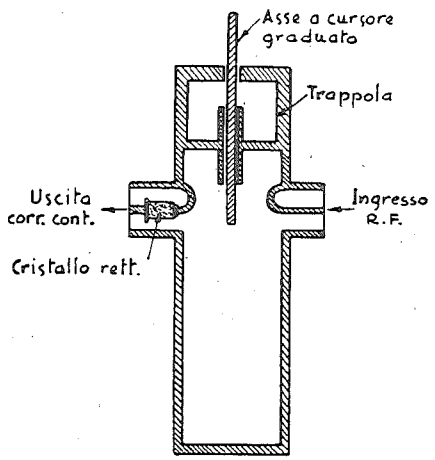

Fig. 10. — Tipo di ondametro coassiale per u.f.

Quando la posizione di detto cilindro coincide con la condizione di risonanza della cavità si ha corrente continua all'uscita e deviazione corrispondente all'indicatore. La regione superiore della cavità ha funzione di trappola, onde impedire perdite a radio frequenza dovute al sistema coassiale formato dal cilindro mobile e dalle parti fisse del risonatore. S'intende che il movimento all'asse calibrato è conferito a mezzo di un congegno di precisione a vite micrometrica.

Si danno due dimensioni standard di radioguida usate durante la guerra in unione ai radar per onde centrimetriche: per onde da 8,5 a 11 cm, sezione 3″ × 1″; per onde di 3 cm, sezione 1″ × ½″.

In una guida di rame ad alta conduttività si raggiungono valori di attenuazione di 0,1 db per metro sull'onda 3 cm.

Quando è necessario per le esigenze dell'impianto, si usa congiungere fra loro spezzoni di radioguide a mezzo di attacchi speciali a flange, e così pure le guide possono essere foggiate a gomito quando la sistemazione lo richiede. Si adottano altresì speciali giunti rotativi nei casi in cui occorre unire la radioguida ad un sistema aereo ruotante.

Non è detto che l'uso delle guide iperfrequenti escluda del tutto quello dei cavi coassiali, essendone l'impiego promiscuo anche in uno stesso impianto.

IV. - TIPI DI TUBI ELETTRONICI.

Nata, si può dire, in conseguenza della scoperta Barkhausen di un fenomeno non dapprima accertato nell'interno dei tubi elettronici, la tecnica delle microonde deve in gran parte il suo attuale sviluppo all'introduzione in servizio di nuovi tipi di tubi, che hanno permesso di raggiungere i limiti più bassi della scala d'onde centimetriche, sviluppando potenze assai notevoli.

Primo, fra di essi, in ordine di precedenza, il *magnetron*, del quale Marconi aveva visto l'utilità già nel 1931; pur rinunciando ad impiegarlo nelle sue esperienze per difficoltà d'ordine locale, ed anche in conseguenza di dubbi sorti sulla possibilità d'ottenere con esso una buona modulazione (9).

1. *Il magnetron di Hull.*

Nei triodi a campo frenante le oscillazioni erano generate dal movimento elettronico pendolare fra filamento e placca provocato dalla tensione positiva di griglia, ma con rendimento modesto, potenze bassissime ed onde decimetriche e centimetriche non eccessivamente corte. Costituì a suo tempo un notevole progresso, quindi, l'utilizzazione dei magnetron, derivati dal primo modello di Hull del 1921, e costituiti da diodi con placca cilindrica e catodo filiforme disposto lungo l'asse, immersi ambedue in campo magnetico avente le linee di flusso parallele all'asse medesimo.

Collegando due fili di Lecher rispettivamente col catodo e con l'anodo di un magnetron, come nella fig. 11, si verifica, per determinati valori del campo magnetico

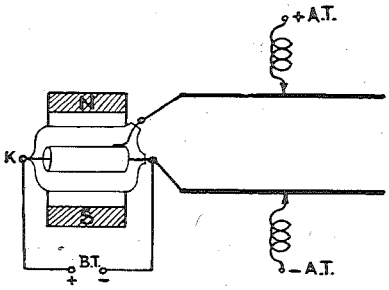

Fig. 11. — Circuito di utilizzazione per magnetron monoanodico.

e della tensione anodica, il fluire di corrente oscillante nei fili, raggiungendo onde di ordine assai basso nella scala decimetrica, dipendendo il valore della frequenza quasi esclusivamente dalla tensione anodica e dal campo magnetico.

Successivamente Linder ed Habaun idearono un tipo di magnetron ad anodi sezionati (*split-anode magnetron*), ottenendone potenza maggiore, aumentato rendimento e la possibilità di salire anche alle onde metriche, oltre le decimetriche raggiunte col magnetron monoanodico.

Nel magnetron gli elettroni uscenti dal catodo con traiettoria radiale sono accelerati verso la placca fortemente positiva sotto l'influenza del campo elettrico. Dal suo canto, il campo magnetico esercita su di essi azione deviatrice, obbligandoli a percorrere traiettorie curvilinee su piani normali al catodo. Ne risulta che sotto l'azione concomitante dei due campi gli elettroni assumono moti cicloidali composti, somme di un moto traslatorio e di un moto rotatorio.

Fissato dunque un valore determinato di tensione anodica, la corrente anodica corrispondente rimane invariata al crescere del campo magnetico, fino a che traiettorie di elettroni incontrano le placche; ma quando il campo magnetico diventa tale che le dette traiettorie non incontrano più alcuna sezione anodica — come avverrebbe nel caso di circonferenze di raggio inferiore alla metà del raggio della placca — la corrente anodica scende a zero, per restare nulla al successivo aumentare del campo magnetico.

Si dà appunto il nome di *campo critico* (o induzione critica) al valore minimo del campo magnetico per il quale la corrente anodica — che si manteneva costante per i valori inferiori — si annulla. Tale valore dipende dalla tensione anodica (e quindi dalla velocità degli elettroni) e dalle dimensioni geometriche del magnetron.

La fig. 12 è uno schema tipico di accoppiamento di magnetron bianodico a una linea di trasmissione lunga $\frac{1}{4}$ d'onda costituita da due tratti di filo conduttore paralleli, di diametro e distanza scelti opportunamente.

Secondo una più recente teoria, gli elettroni, sotto l'influenza dei due campi, elettrico e magnetico, descrivono una cardioide, la quale per un certo tratto sfiora l'anodo, o gli anodi, senza toccarli. Nei percorsi vicinissimi all'anodo gli elettroni inducono in questo (o in questi) f.e.m. il cui effetto integrale viene sfruttato nel sistema accordato connesso con gli anodi stessi. La frequenza delle oscillazioni generate dipenderebbe dalla durata (periodo) dei percorsi lungo le cardioidi, cioè dal valore dell'induzione magnetica, in relazione con le dimensioni degli elettrodi e la tensione anodica. Devesi però tener presente che molti altri elettroni liberi cadono sul catodo, dando luogo ad emissione secondaria, ed altri sugli anodi, provocandone il riscaldamento.

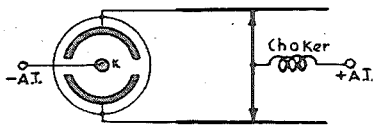

Fig. 12. — Circuito di utilizzazione per magnetron bianodico.

Normalmente gli anodi sono più di due; ad es. in un magnetron con anodo cilindrico a 4 sezioni si collegano fra di loro le sezioni di posto pari e quelle di posto dispari e le sezioni risultanti alla linea risonante.

Mettendosi il circuito ad oscillare, il potenziale delle due sezioni anodiche così costituite si alterna in fasi opposte al disopra e al disotto dell'alta tensione continua applicata e, dato un certo campo magnetico, reagisce sugli stessi elettroni, obbligandoli ad assumere traiettorie tali che è la stessa energia intrinseca degli elettroni a mantenerle.

2. *Il magnetron Randall-Boot a cavità.*

Questo tipo di magnetron è nato dalla necessità, acuitasi in Inghilterra durante la prima fase della guerra trascorsa, di provvedere gli aeroplani di un tipo di radar di potenza adeguata alla localizzazione dei sommergibili affioranti. Si può dire quindi che la sua realizzazione abbia costituito uno dei principali — se non il principale — fattore di successo nella battaglia detta dell'Atlantico.

L'idea di costituire un magnetron a microonde del tipo a cavità è attribuita al prof. J. T. Randall e al dott. H. A. H. Boot dell'Università di Birmingham, i quali nel settembre del 1940 presentavano un primo campione oscillante su 10 cm agli esperti della Marina. Il magnetron aveva sei cavità cilindriche ricavate radialmente in un blocco anodico anch'esso di forma cilindrica e dava potenza d'uscita di circa 500 W. L'apparecchio venne successivamente sviluppato dalla Marconi-Osram e da altre fabbriche del Regno Unito e degli S. U., col risultato di ottenerne in breve potenze insperatamente elevate nella trasmissione ad impulsi ed onde sempre più corte, passando dalle decine alle centinaia, e poi alle migliaia di kW (fino a 2500 kW) per impulsi di durata

(9) G. MARCONI, op. cit. nella nota 4).

1 microsecondo, con ritmo di 1000 impulsi al secondo ([10]).

Il tipo più moderno è ad 8 cavità, ricavate in un blocco anodico, di sezione retta corrispondente alla figura 13, in lega di rame, monoblocco od a pacco lamellare. Ogni cavità comunica con la camera centrale in cui trovasi il catodo k a mezzo di fessura strettissima a toppa di chiave.

Nel primo campione per $\lambda = 10$ cm le cavità avevano un diametro di 1,2 cm e le fessure di comunicazione l'apertura di 1 mm.

Le cavità ricevono l'eccitazione dagli elettroni emessi dal catodo i quali, sotto l'azione combinata del campo elettrico e del campo magnetico, assumono moto rotatorio complesso e passano davanti alle fenditure. Vi sono diversi modi con i quali le cavità possono oscillare: il più utile è quello in cui le correnti elettroniche circolano in esse come indicato nella fig. 13, caricando i segmenti anodici adiacenti di polarità opposte.

Di ciò si è tratto profitto collegando insieme, da ambo i lati del cilindro anodico, i segmenti di eguale polarità, dandogli l'aspetto dello statore di una macchina a corrente alternata, il che porta aumento del rendimento dal 10÷15 al 35÷50 %, fornendo anche un sistema di variazione della frequenza. In genere, però, gli apparecchi costruiti durante la guerra erano in maggioranza a frequenza fissa, o meglio a banda fissa, ad es. di banda L (fra 25 e 50 cm), di banda S (fra 8 e 11 cm), di banda X (3 cm).

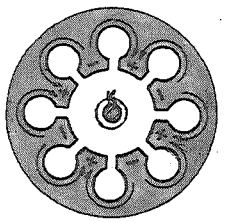

Fig. 13

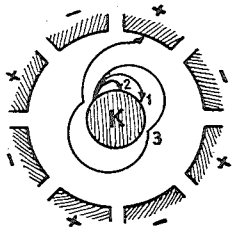

Fig. 14

Fig. 13. — Sezione retta del blocco anodico in un magnetron a cavità.

Fig. 14. — Dimostrazione di percorsi elettronici nel magnetron a cavità.

Le dimensioni delle cavità sono scelte in modo che la loro frequenza di risonanza naturale sia all'incirca quella delle onde da prodursi e la distanza fra le fenditure è tale che le cavità adiacenti oscillano in opposizione di fase. La potenza ad u.f. generata viene estratta a mezzo di una piccola spira conduttrice inserita in una qualsiasi delle cavità ed a sua volta collegata al sistema radiante a mezzo di cavetto coassiale e radioguida.

Nei magnetron costruiti per le onde più basse della scala centimetrica il campo magnetico è generalmente costituito con magnete permanente in lega *alnico* od *alconax* facente parte della struttura stessa del magnetron; ma in altri tipi possono essere impiegati elettromagneti, sempre con campi medi di alcune migliaia di gauss.

Come regola, il blocco anodico è collegato alla terra e la tensione anodica viene conferita a mezzo d'impulsi negativi al catodo, generandosi ad ogni impulso potenza ad u.f. nelle cavità.

Per dare un'idea delle caratteristiche, riportiamo i dati relativi al magnetron inglese CV. 76:

tensione d'impulso 28 000 V;
corrente anodica 35 A;
potenza d'alimentazione durante l'impulso 1000 kW;
potenza oscillante erogata durante l'impulso 500 kW;
rendimento 50 %.

Poichè la durata massima di ciascun impulso è di un microsecondo e gli impulsi si susseguono con un ritmo di 1000 p/sec, ne risulta una potenza media di 500/1000 kW, cioè 500 watt. Il rapporto fra potenza d'impulso e potenza media viene chiamato *ciclo di servizio* ed è compreso generalmente fra 1/1000 e 5/1000.

Il catodo è costituito da un riscaldatore a spirale cilindrica che agisce su alcune sezioni emittenti disposte parallelamente agli assi delle cavità.

Uno studio più accurato della balistica elettronica nell'interno dei magnetron ha permesso, nel decorso periodo di guerra, di produrre catodi capaci delle più forti emissioni, traendo profitto dell'emissione secondaria prodotta dal bombardamento degli elettroni di ritorno sul catodo, ottenendo così emissioni totali fino a 150 A per cm^2, pur non superandosi nella pratica normale i 50 A.

Secondo G. B. Collins ([11]) gli elettroni che lasciano il catodo di un magnetron in oscillazione sono soggetti a due tipi di movimento. Se essi entrano in una regione di campo a r.f. ritardativo, assumono moto a spirale in fuori, passando alternativamente attraverso a porzioni accelerative o ritardative del campo, per raggiungere infine una regione positiva dell'anodo. In tal modo gli elettroni saranno rimasti nel campo per parecchi periodi, trasferendo ad esso molta della loro energia prima di raggiungere l'anodo. Se invece essi entrano in una regione di campo accelerativo, non possono percorrere che una breve traiettoria circolare, ritornando rapidamente al catodo; avranno cioè assorbito energia dal campo a r.f., ma per così breve tempo da ritenerla trascurabile.

Ciò è grossolanamente rappresentato nella fig. 14, nella quale sono schizzati gli otto segmenti anodici radiali compresi fra le fenditure d'accesso alle cavità, il catodo k e tre categorie 1, 2, 3 tipiche di traiettorie elettroniche.

Seguono il percorso 1 gli elettroni uscenti dal catodo in regime di campo magnetico critico (non oscillatorio); seguono il percorso 2 gli elettroni che durante l'oscillazione sono entrati in una zona di campo accelerativo, sottraendo energia al campo, ma per brevissimo intervallo, e ritornando al catodo sul quale riversano il loro eccesso d'energia sotto forma di calore, dando luogo ad emissione secondaria. Seguono il percorso 3 gli elettroni che entrati in un campo ritardativo compiono traiettoria lunga e portano energia al campo, potenziando le oscillazioni.

Se gli elettroni del percorso 3 sono quindi i più utili, anche gli elettroni del percorso 2, pur non aggiungendo nulla all'energia oscillatoria del campo a r.f., vanno a potenziare l'emissione catodica, com'è necessario agli effetti della potenza da generare.

Vi sono così dei magnetron che con un'emissione primaria di pochi mA possono dar luogo (alle tensioni anodiche di regime di 28 o più kV) a correnti anodiche di 45 o 60 A, essendo buona parte dell'emissione dovuta al bombardamento degli elettroni di percorso 2.

Fattore di limitazione principale nel progetto dei magnetron è il calore sviluppato in dipendenza dei fenomeni suddetti, per cui è di regola accendere il catodo fino ad ottenere un congruo riscaldamento, tale da iniziare l'emissione, e spegnerlo successivamente, mentre si usa provvedere di un sistema di alette di raffreddamento il blocco anodico sul quale si riversa parte dell'energia degli elettroni di percorso 3.

Risulta che nella sola Inghilterra furono costruiti durante la guerra 200 000 magnetron del tipo a cavità.

([10]) *Radar Technique* di M.G.S. « The Wireless World », maggio 1946.

([11]) *Four Years of Engineering Advances.* « Electronics », marzo 1946, pag. 100.

3. *Il klystron.*

Appartiene alla categoria dei tubi detti « *a modulazione di velocità* » (12), nei quali si trae profitto del moto elettronico per la generazione di frequenze di ordine elevatissimo; in essi la griglia soggetta a tensione alternativa anzichè produrre una variazione periodica della carica spaziale, come avviene nei tubi ordinari, ha soltanto il compito di modulare la velocità del fascio elettronico, agendo in uno spazio ristretto e non influenzando gli spazi circostanti. Ne risultano quindi notevolmente ridotti la dissipazione di potenza a r.f. sia nella griglia che nella placca, che, alle ultrafrequenze, sarebbero molto elevate.

Successivamente, si trasforma la modulazione di velocità della corrente elettronica in modulazione d'intensità e si utilizza la corrente elettronica variabile per indurre elettricamente sull'anodo la corrente ad a.f. Inoltre, il collettore d'elettroni è un elettrodo supplementare sul quale essi possono essere raccolti con bassa velocità, restandone quindi ridotta la dissipazione.

Nel klystron le griglie a modulazione di velocità sono utilizzate come elettrodi d'entrata e d'uscita, e vi è uno spazio cilindrico, detto « spazio di scorrimento », o di corsa, esente da campo, per la conversione della modulazione di velocità in modulazione di densità.

Lo stesso tubo contiene contemporaneamente il sistema oscillante e il sistema di scarica necessario per eccitarlo, in quanto gli elettrodi d'entrata e d'uscita fanno parte materiale di cavità chiuse a risonanza spaziale di forma e disposizione speciale.

Un klystron è quindi, come il magnetron, un tubo col circuito a radio frequenza facente corpo con gli altri elettrodi e parti componenti.

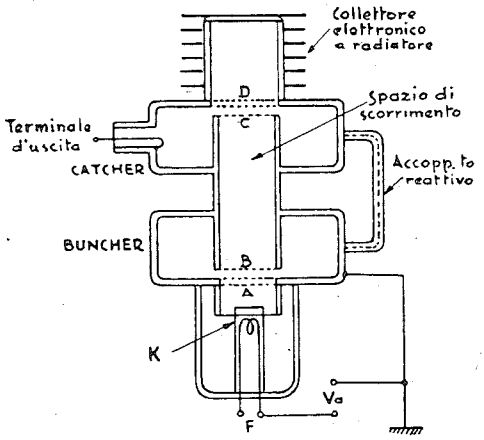

Fig. 15. — Tipo di klystron a 2 cavità.

Nel disegno schematico della fig. 15 si scorgono abbastanza chiaramente le diverse parti costitutive di un klystron a due risonatori, e cioè:

a) il fucile elettronico, composto del filamento *F* col catodo *K* e un anello metallico che fa da lente elettronica, concentrando la corrente d'elettroni in un unico fascio;

b) un sistema di griglie *AB* e *CD*, le due interne poste agli estremi del cilindro di corsa;

c) un sistema di due risonatori a cavità, quello più vicino al catodo detto *buncher* e quello superiore *catcher*, questo provvisto di un terminale d'uscita r.f., e con accoppiamento reattivo fra i due;

d) un sistema superiore di raffreddamento a radiatore.

Fra il filamento ed *A* (detto anche anodo piano) viene applicata la tensione continua di polarizzazione, che è quindi la stessa per le quattro griglie *A B C D*.

Supposto applicata fra le griglie *A* e *B* tensione sinusoidale, gli elettroni, pur essendo accelerati o ritardati al passaggio fra di esse, non avranno, a causa del tempo di transito estremamente breve, il tempo necessario a modificare le loro distanze reciproche, il che equivale a dire che la corrente di conduzione del fascio non varia nell'ambito del campo di comando. Vi saranno pertanto elettroni animati da velocità superiore ed altri da velocità inferiore alla media, formandosi i cosidetti « electron bunches » o nuclei, o pacchetti d'elettroni.

Nello spazio di scorrimento, invece, privo di campo, gli elettroni tendono ad addensarsi, in quanto i più veloci vanno a raggiungere i più lenti e il fascio elettronico acquista densità variabile nel tempo.

Tali variazioni provocano nel secondo sistema risonante comandato dalle griglie *C D* una componente di pulsazione eguale a quella esistente nel sistema *A B*, e gli elettroni di densità variabile cedono al secondo risonatore (catcher) l'energia loro impressa dal potenziale continuo di accelerazione. Questo risuonatore ha quindi l'ufficio di raccogliere la potenza oscillatoria prodotta e trasmetterla al circuito d'utilizzazione attraverso l'apposito terminale. E poichè esiste anche un conveniente accoppiamento elettrico reattivo fra il secondo e il primo risuonatore, il sistema è suscettibile di porsi in oscillazione.

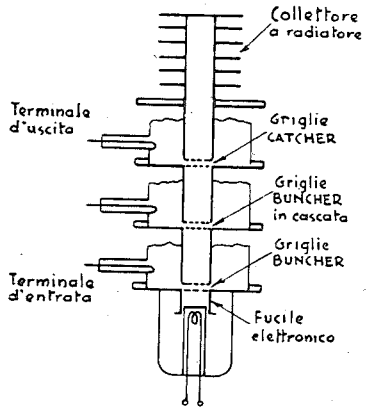

Fig. 16. — Tipo di klystron amplificatore con risonatore in cascata.

Allo scopo di aumentare la potenza d'oscillazione sono stati ideati klystron amplificatori con due risonatori « buncher » in cascata, come quello rappresentato schematicamente nella fig. 16.

4. *Klystron reflex.*

È ad un solo risonatore a cavità ed ha in più un elettrodo « riflettore » (fig. 17). Questo tubo può essere impiegato sia come trasmettitore, sia come oscillatore locale nella ricezione a supereterodina. È analogo, come disposizione di parti, al tipo precedentemente descritto, salvo l'aggiunta dell'elettrodo riflettore, al quale viene

(12) W. C. HALM e G. F. METCALF: *Tubi con modulazione di velocità*. « Proc. I.R.E. », febbraio 1939, XXVII, pag. 106; recensito in « A. F. », luglio 1939, VIII, pag. 481.

S. RAMO: *The electronic-wave theory of velocity-modulation tubes*. « Proc. I.R.E. », dicembre 1939, XXVII, pag. 757.

E. HOLLMANN: *Neue Laufzeitgeräte*. « E.T.M. », gennaio 1940, pag. 1.

D. MARTINEAU TOMBS: *Fasci con modulazione di velocità. La distribuzione della densità elettronica*. « W. E. », febbraio 1940, XVII, pag. 54; recensito in « A. F. », novembre 1940, IX, pag. 700.

I. MÜLLER: *Sensibilità di tubi elettronici con modulazione di velocità*. « H. F. Techn. w. El. Ak. », luglio 1942, LX, pag. 19; recensito in « A. F. », gennaio 1943, XII, pag. 58.

conferito potenziale continuo negativo alquanto inferiore a quello del catodo.

Nel tipo rappresentato in figura il fondo del risonatore è costituito da un diaframma flessibile, il che permette leggere deformazioni atte a variare la sintonia, ciò che viene operato dal difuori a mezzo di vite con apposita levetta.

L'azione dell'elettrodo riflettore è quella di costituire un campo frenante ai nuclei (bunches) d'elettroni che hanno subito la modulazione di velocità e quindi una completa inversione del fascio a densità variabile da essi costituito.

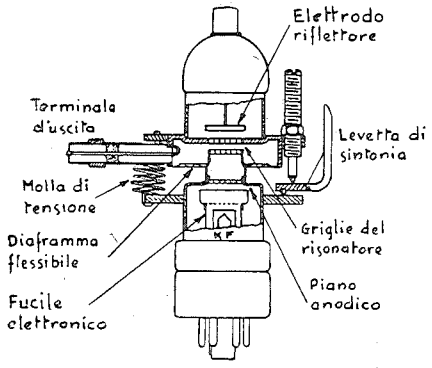

Fig. 17. — Tipo di klystron reflex.

Solo quando i detti nuclei ritornano alle griglie del risonatore in fase con le tensioni alternative ad esse impresse, le oscillazioni vengono esaltate e si genera potenza ad a.f. nella cavità, estraibile a mezzo della linea coassiale d'uscita.

La frequenza delle oscillazioni è determinata in primo luogo dalla sintonizzazione della cavità risonante, o meglio dalla distanza delle griglie, che ne varia la capacità; ma la fase dei *bunches* di ritorno è comandata dalla tensione negativa del riflettore, nonchè dalla tensione detta « di fascio » (beam tension), che è la tensione continua applicata al corpo del risonatore ed anodo piano, cioè positiva rispetto al catodo.

Supponiamo, ad es., che la tensione di polarizzazione anodica (o di fascio) sia costante e che la tensione negativa del riflettore sia leggermente più negativa di quella del catodo. In tal caso gli elettroni potranno quasi raggiungere il riflettore prima che il fascio s'inverta, ritornando alle griglie del risonatore a distanza di parecchi periodi della tensione ad esse impressa. Dato il tempo di transito nello spazio di riflessione piuttosto lungo, i nuclei modulati avranno possibilità di giungere in fase con la tensione delle griglie e la cavità oscillerà in piena potenza.

Se invece, pur mantenendo costante la tensione di polarizzazione si dà al riflettore una tensione più negativa, il fascio risulterà invertito troppo in anticipo ed i *bunches* d'elettroni potranno ritornare alle griglie sfasati di 180° rispetto alla tensione alternativa risonante, bloccando le oscillazioni.

Ancora, può darsi che rendendo sempre più negativo il riflettore, l'incontro con le griglie avvenga addirittura con 2π d'anticipo, e cioè in fase per dar luogo alle oscillazioni.

Se ne deduce che variando in modo continuo, ad es. da 0 a — 300 V la tensione del riflettore, si trova una serie di tensioni critiche ricorrenti (o meglio d'intervalli di tensione) per le quali le oscillazioni si arrestano.

Si trova altresì che il potenziale del riflettore influisce fino ad un certo punto sulla stessa frequenza d'oscillazione (per un'escursione di $\pm$ 15 Mc/s si ha 1 Mc/s di variazione per volt del riflettore).

Nel klystron di cui a fig. 17 (tipo americano) il risonatore funziona a tensione positiva sui 1000 V con corrente di 50 mA, il che richiede raffreddamento con ventilatore; il riflettore riceve tensione da — 150 V a — 400 V; il filamento è acceso a 6,3 V-1,3 A, realizzandosi uscita ad u.f. di 1 watt.

Nella fig. 18 è disegnato schematicamente un tipo di klystron inglese nel quale il risonatore a cavità è parte dentro e parte fuori del bulbo di vetro, con saldatura del metallo al vetro nei punti di passaggio, onde permettere la variazione di sintonia a mezzo di vite.

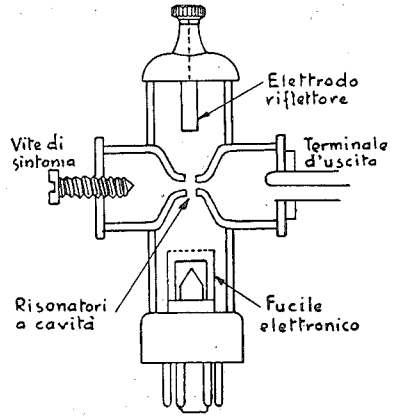

Fig. 18. — Tipo di klystron reflex inglese.

5. *I megatron.*

Sono triodi costituiti da elettrodi piani estremamente ravvicinati e provvisti di passanti anulari, di minima induttanza e resistenza, saldati perimetralmente al vetro. Vengono detti anche « *disc-seal tubes* » o « *lighthouse tubes* » per la loro forma caratteristica a ripiani (fig. 19). Sono in genere tubi di piccola potenza (ingresso da 7 a 20 W), conformati in modo da potersi adattare facilmente ai risonatori a linea di trasmissione. Ve ne sono trasmittenti e per ricezione, con scala d'onda minima sui 10 cm.

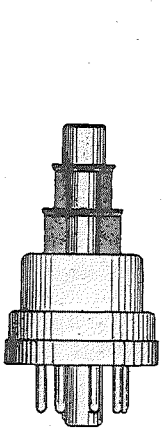

Fig. 19.

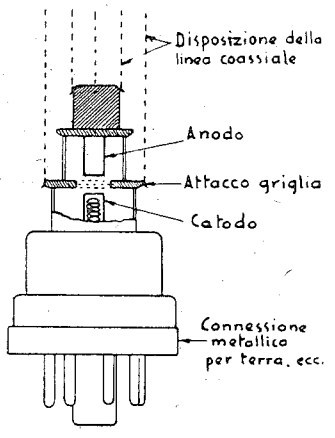

Fig. 20.

Fig. 19. — Vista esterna di un tubo megatron.
Fig. 20. — Tipo di tubo megatron a elettrodi affacciati.

Come si scorge dalla fig. 20, i tre elettrodi sono semplicemente affacciati, il montante cilindrico costituente il catodo a riscaldamento indiretto e la colonnetta anodica superiore trovandosi con le rispettive basi a frazioni di centimetro di distanza dalla sottile reticella di griglia, a sua volta sistemata in un foro circolare, di diametro lievemente superiore alla superficie emittente del catodo, praticato sul disco centrale di sostegno.

L'anodo è connesso al circuito mediante attacco speciale in sommità (che può essere provveduto di radiatore) e la griglia attraverso un contatto stabilito col disco centrale, formando essi di solito gli estremi del risonatore esterno a linee parallele o concentriche. L'alimentazione del riscaldatore è fatta invece attraverso i piuoli della base octal.

Si scorge quindi che in questi triodi tutto è stato disposto per avere i valori più bassi possibile d'induttanza e capacità distribuite e di resistenza, nonchè del tempo di transito degli elettroni dal filamento all'anodo.

La fig. 21 si riferisce ad un circuito tipico esemplificato

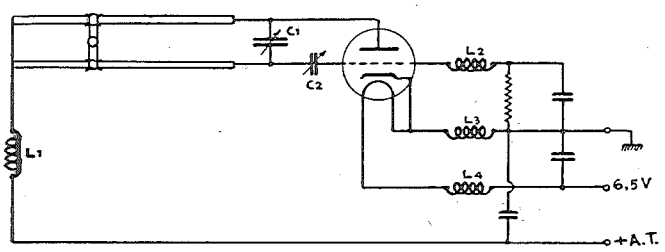

Fig. 21. — Circuito tipico a fili di Lecher con triodo megatron.

a linea di trasmissione, impiegante un triodo del tipo suddetto, col quale si possono realizzare con buon rendimento frequenze fino a 700 Mc/s (λ = 40 cm) [13]. Per ottenere frequenze superiori si possono usare gli stessi tubi in unione a risonatori a cavità, l'uso dei quali permette di raggiungere anche i 3000 Mc/s (λ = 10 cm).

La fig. 22 riproduce lo schema d'inserzione di un recente tipo di tubo megatron in un risonatore concentrico per $\frac{1}{4}$ d'onda [14].

6. *Il resnatron.*

Questo tipo di tubo deve, come il magnetron a cavità, il suo sviluppo alle necessità di guerra, e propriamente al bisogno, manifestatosi intorno al 1942, di realizzare potenti apparecchi disturbatori dell'organizzazione radar tedesca.

A differenza del magnetron, che genera potenza oscillante ad u.f. in regime d'impulso di durata brevissima, il resnatron è un generatore in autooscillazione di alte potenze oscillatorie in regime continuativo, come i tubi ordinari. Pertanto la sua costruzione risente della tecnica dei triodi a circolazione d'acqua e dei tubi autogeneratori a cavità.

Il resnatron si deve agli studi condotti fin dal 1938 da Salisbury, Marshall e Sloan dell'Università di California; ma il suo ulteriore sviluppo ai fini di guerra è frutto del-

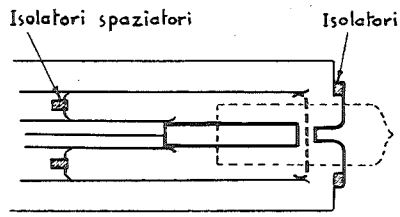

Fig. 22. — Triodo megatron in un risonatore concentrico per 1/4 d'onda.

l'incarico dato alla « Westinghouse Electric Co. » di darvi attuazione pratica, per servirsene nei trasmettitori in corso di preparazione presso il laboratorio R.C.M. (radar countermeasures) dell'Università Harvard, diretto dal noto dott. Frederick E. Terman. Fu così possibile iniziare, in tempo relativamente breve, il disturbo con potenze dai 30 ai 50 kW in regime continuativo, su frequenze dai 400 ai 600 Mc/s (λ da 75 a 50 cm), ottenendone grandi vantaggi in occasione dello sbarco in Normandia e durante le operazioni successive [15].

Il resnatron è un tetrodo provveduto di due cavità risonanti, una collocata fra griglia-schermo ed anodo (cavità d'uscita) e l'altra (cavità d'entrata) fra griglia di controllo e filamento, con un sistema d'accoppiamento a reazione come nei klystron.

Il catodo è costituito da 24 filamenti di tungsteno lunghi 25 mm ed accesi a 2 V-1800 A, con emissione massima di 25÷30 A. Il catodo è montato in una specie di scatola di rame raffreddata a circolazione d'acqua, costituente una struttura d'accordo in quarto d'onda manovrabile dall'esterno.

La griglia di controllo è costituita da tubi di rame lunghi come il filamento e la griglia-schermo è una struttura cilindrica in rame circondante la griglia di controllo e montata direttamente sull'anodo, del quale ha lo stesso potenziale corrente continua. Inoltre la griglia-schermo forma con l'anodo e il suo supporto una seconda linea di trasmissione concentrica a doppia chiusura, risuonante su mezza onda. L'anodo ha la struttura speciale detta *daisy* (margherita), è alto 25 mm ed ha diametro di 150 mm.

Funzionando come auto-oscillatore, questo tubo può assicurare uscita continua a r.f. di 50 kW, con rendimento anodico del 60÷70 %, a frequenze regolabili, col tubo in azione, fra 350 e 650 Mc/s, e per lieve durata può sviluppare 85 kW a 600 Mc/s.

Durante l'impiego bellico, per poter variare con continuità la frequenza durante il funzionamento del tubo si usava tenere sempre attivate le pompe del vuoto, a similitudine di quanto era richiesto nei primi tipi di valvole ad anodo esterno tipo Holweck.

Per ulteriori dettagli su questo tipo di valvole si rimanda alle pubblicazioni che ne hanno trattato particolarmente [16].

Fra i tipi di valvole che hanno ricevuto largo impiego nella tecnica dei radar meriterebbero dettagliata trattazione quelli appartenenti alla famiglia dei *Thyratron* (*T. R. cells*) a cavità, sui quali, peraltro, mi fu impossibile raccogliere particolari.

È solo noto ch'essi hanno avuto funzione importantissima come dispositivi accessori nella trasmissione ad impulsi e nella modulazione dei radar, insieme ai *Trigatron*, con forme esteriori che ricordano all'incirca quella della fig. 18.

V. - I RADAR.

Non fu cosa facile, fino alla morte di Marconi, ed anche oltre, sfatare la credenza ch'Egli avesse concepito un sistema a radioonde capace di fermare i motori degli aeroplani in volo, tanta era la fiducia che il volgo poneva nel di Lui genio creativo e nelle possibilità della sua invenzione; ma questa, Lui scomparso, ha risposto egualmente all'aspettativa popolare, con i radar, che hanno compiuto sotto altro aspetto il miracolo che la fantasia di molti attendeva da Marconi.

Non è nel programma di questa rassegna di trattare a fondo l'argomento radar, sia perchè ciò è già stato fatto ampiamente da altri, sia per la sua eccezionale importanza, che richiede una diffusa e separata trattazione; ma non potrei concludere la mia memoria senza dedicare uno sguardo d'assieme alla più clamorosa conquista

[13] « Q.S.T. », novembre 1945, vol. XXIX, n. 11, pag. 12.
[14] « Electronics », marzo 1946, pag. 98.
[15] PAUL ROBBIANO: *The Electronic Life Saver* (*How enemy radar was foiled by jamming*). « Q.S.T. », vol. XXX, gennaio 1946, n. 1, pag. 17.
[16] W. N. SALISBURY: *Il Resnatron*. « Electronics », febbraio 1946, e « Tecnica Elettronica », vol. I, n. 2, maggio 1946, pag. 177.

fatta dalla tecnica radio, sulla nuova via aperta nel 1931 da Marconi.

È ormai noto che il provvidenziale apparecchio ha avuto la sua prima origine in Gran Bretagna, a seguito degli studi promossi dalla R.A.F. intorno al 1934-1935 sotto gli auspici di un comitato d'esperti presieduto da Sir Henry Tizard.

Precisamente, il primo esemplare costruito sui progetti del fisico inglese Sir Robert Watson Watt, si valeva del sistema di trasmissione ad impulsi dovuto agli americani Breit e Tuve [17], già impiegato a Cambrigde da Sir Edward Appleton nella misura dell'altezza degli strati ionizzati, ed a quanto pare funzionava con onda di poco superiore al metro. I successivi perfezionamenti apportati al magnetron nel 1939-1940 aprirono poi decisamente la via ai radar a microonde.

Com'è noto, gli strati ionizzati ($E - F_1 - F_2$) costituiscono ostacoli di enormi dimensioni che, quando investiti da un fascio di onde elettromagnetiche, rinviano alla terra ingenti quantità d'energia riflessa; e la loro distanza è così grande (in relazione alle loro quote rispettivamente di 110, 200 e 350 km) che i ritardi risultano dell'ordine di 10^{-3} sec, il che rende abbastanza agevole la separazione degli echi dai segnali diretti.

Più difficoltoso si dovette presentare invece il problema della ricerca e localizzazione goniometrica e telemetrica degli aerei, trattandosi di distanze minori e di ostacoli di piccole dimensioni spostantisi a grandi velocità.

V'era al riguardo la precedente esperienza, ma in senso inverso, dei radioaltimetri, nei quali s'era cercato di utilizzare, per determinare le quote di volo, gli echi di segnali lanciati perpendicolarmente alla terra da sotto la fusoliera [18] [19], ed anche l'esperienza degli ecometri, o scandagli, a quarzo ed a magnetostrizione, in alcuni tipi dei quali (ad es. quello Marconi) s'impiegava un oscillografo per la lettura diretta del fondale.

Il problema poi della radiotelemetria orizzontale, basata sul principio degli echi, era stato affrontato in Italia dal prof. Ugo Tiberio con apparecchi ad onde metriche [20], nè era mancato un vero e proprio brevetto di « radiogoniometro spaziale » da parte dell'ing. Montù nel 1936 [21].

Nelle radiosonde ionosferiche erano normalmente impiegati due sistemi per determinare l'altezza degli strati ionizzati, e cioè:

a) Quello di servirsi d'impulsi di breve durata, in modo che non vi fosse più onda diretta al giungere di quella riflessa, e questa potesse essere rivelata da sola. È il sistema impiegato da Breit e Tuve ed in Italia anche dal prof. Ranzi [22].

b) Il sistema detto « a differenza di frequenze », col quale si varia con continuità secondo una legge lineare la frequenza del trasmettitore: le differenze fra i ritardi con cui l'onda diretta e quella riflessa giungono al ricevitore si traducono in altrettante differenze fra le frequenze. Gli echi vengono così rilevati per battimenti con l'onda diretta, che si traducono in variazioni, d'ampiezza e fase, rivelabili acusticamente o con l'oscillografo.

Quest'ultimo sistema era stato scelto dal prof. Tiberio nelle sue ricerche sulla radiotelemetria.

In Francia si era pensato di servirsi dei radioechi per la semplice rivelazione di ostacoli sulle rotte marittime (relitti di navi, ghiacci galleggianti, pericoli durante la nebbia, ecc.), ed a tal uopo la nota S.F.R. aveva condotto interessanti esperienze impiegando trasmettitore con onda 16 cm, accoppiato a proiettore parabolico sistemato, insieme ad analogo sistema ricevente, sul ponte di comando. Al fascio trasmittente veniva conferito un moto continuo d'esplorazione per 40° a dritta ed a sinistra della prua. Durante le prove erano stati accertati echi dalla costa fino alla distanza di 10 km e dalle navi fino a 7 km [23].

*

A malgrado della loro varietà, conseguente al molteplice impiego fattone nella passata guerra, i radar potrebbero oggi raggrupparsi, per comodità di studio, nelle seguenti categorie:

1. *Apparecchi per radiolocalizzazione e telemetraggio.*

Quelli derivati dal radar (*radio detection and ranging*) originale, che svolgeva ad un tempo funzioni di ricerca radiogoniometrica (azimutale e zenitale) e di radiotelemetro.

Ne furono costruiti a grande raggio d'azione (funzionanti i primi costruiti con onde 5-6 m ed in ultimo su 2-3 m, emettendo impulsi di 10÷20 microsecondi di durata), ed altri per avvistamento e difesa contraerea a breve raggio, o per scoperta dall'aria di navi e sommergibili (questi del tipo a microonde, con impulsi di durata un microsecondo, o anche meno).

2. *Apparecchi per riconoscimento.*

Derivati dal tipo conosciuto in guerra con la sigla I.F.F. (*identification, friend or foe*), basati sul principio che quando la nave, o l'aereo, od anche un reparto corazzato o di truppe isolati, sono colpiti da segnali radar, viene emesso, a sua volta, con l'apparecchio idoneo, un segnale di forma particolare, che permette il riconoscimento.

3. *Indicatori topografici.*

Derivati dal P.P.I. (*plan position indicator*) e dall'H.2.S., con i quali si otteneva la visione panoramica, anche in tempo di nebbia, della configurazione del terreno, con tutti i principali ostacoli che vi si trovano, in base all'intensità dei riflessi da essi provocati.

4. *Apparecchi per aiuto alla navigazione* (*Navigation Aids*).

Derivati dai G.E.E. e DECCA inglesi, dagli O.B.O.E. e, sotto alcuni punti di vista, anche dai L.O.R.A.N. (*long range navigation*) americani, e che tendono ad integrare l'uso dei radiogoniometri e dei radiofari, nonchè gli ordinari sistemi di navigazione marittima ed aerea.

5. *Apparecchi per uso diverso.*

Comprendenti la numerosa serie di apparecchi basati sulla riflessione delle onde elettromagnetiche da parte di ostacoli, che sono già stati attuati e che non mancherà di produrre l'inventiva umana sulla scorta dei tangibili risultati delle applicazioni di guerra, come segnalatori di pericoli sulle vie marittime in tempo di nebbia, radioallineamenti per entrata in porto, apparecchi per volo ed atterraggio cieco, per segnalazioni ferroviarie e stradali e via dicendo.

---

[17] G. BREIT e M. A. TUVE: « Phys. Rev. », 1926, vol. XXVIII, pag. 254.

[18] L. ESPENCHIED e R. C. NEWHOUSE: *A terrain clearance indicator*. « Bell S.T.J., 1939, pag. 222; recensito in « A. F. », 1939, vol. VIII, pag. 329.

[19] S. MATSUO: *A direct reading radio-wave reflection type altimeter*. « Proc. I.R.E. », 1938, pag. 248; recensito in « A. F. », 1939, vol. VIII, pag. 328.

[20] UGO TIBERIO: *Radiotelemetria*. « A. F. », maggio 1939.

[21] ERNESTO MONTÙ: *Dieci anni dopo*. « Il radio giornale », anno XXIV, n. 3, maggio-giugno 1946, pag. 11.

[22] IVO RANZI: « Nuovo Cimento », 1931, VIII, pag. 98.

[23] H. GUTTON: *Production d'ondes décimétriques de grande puissance et son application à la detection d'obstacles*. « Revue Générale de l'électricité », Tome XV, pag. 530; recensito in « A.F. », 1936, vol. V, pag. 314.

*

Volgendo lo sguardo a ciò che era la tecnica delle ultrafrequenze tre lustri or sono, quando Guglielmo Marconi la innalzava all'onore delle prime applicazioni pratiche — servendosi di mezzi quasi altrettanto imperfetti quanto lo erano quelli impiegati nelle famose esperienze di Pontecchio del 1895 — si resta ammirati di fronte all'enorme cammino compiuto; e si è portati, stavolta, ad ascriverlo, più che all'opera di pochi, al sagace impiego, da parte dei governi interessati, di tutte le forze tecniche e scientifiche — compresi i laboratori universitari e i provetti radioamatori — sparse nei paesi che seppero vedere nella radio la miracolosa salvezza dal più grande pericolo della loro storia.

Un così grande successo in materia di collaborazione e cooperazione intellettuale interna e fra popoli, in un campo che non è quello della vita di tutti i giorni, sia monito ed esempio a tutti noi che ci accingiamo, con nuovo spirito, alla ricostruzione elettrotecnica del Paese.

EQUAZIONE ESATTA PER IL CALCOLO DEL CAMBIAMENTO DI STATO DELLE FUNI SOSPESE

GIUSEPPE QUILICO

Viene sviluppata una equazione generale per il calcolo del cambiamento di stato dei conduttori delle linee aeree che pur fornendo la stessa precisione di quelle del metodo iperbolico (esatto) si presenta sotto la stessa semplice forma algebrica *di quella dell'ordinario metodo parabolico (approssimato).*

Per la risoluzione grafica di detta equazione viene presentato un particolare nomogramma.

1 - GENERALITÀ.

È ben noto che per lo studio meccanico dei conduttori delle linee aeree, nel caso di grandi campate e forti dislivelli, il cosidetto metodo parabolico dà luogo ad errori troppo sensibili ed occorre utilizzare il procedimento esatto, od iperbolico, che considera la reale curva di equilibrio dei fili sospesi, cioè la catenaria.

Secondo tale procedimento, che è già stato ampiamente sviluppato nella letteratura tecnica italiana (1) e che ammettiamo noto al lettore, lo studio del cambiamento di stato si effettua, in sostanza, utilizzando diagrammi precalcolati i quali, per date condizioni iniziali, permettono di determinare il valore del parametro c della catenaria corrispondente ad una determinata variazione della temperatura e del peso specifico fittizio del conduttore.

Tali diagrammi risultano molto opportuni, se non indispensabili, per il fatto che l'equazione da cui è definito il valore incognito del parametro, è trascendente e va risolta per tentativi talora numericamente fastidiosi.

Nel metodo parabolico l'equazione da cui dipende il parametro c, ovvero la componente orizzontale σ della sollecitazione del conduttore ($\sigma = c\,\gamma$ con γ peso specifico fittizio), è invece notoriamente algebrica e del tipo:

$$\sigma^3 + M\,\sigma^2 = N \qquad (1)$$

ove M ed N sono delle costanti.

(1) Vedi G. SILVA: *Studio meccanico dei conduttori delle linee aeree. Monografia.* A.E.I., 1931. *Calcolo meccanico dei conduttori delle linee aeree.* « L'Energia Elettrica », marzo 1938 e marzo 1941.

Ora se è vero che una scelta appropriata delle espressioni delle costanti M ed N ha permesso di rendere la (1) applicabile con discreta approssimazione anche nel caso di lunghe campate e forti dislivelli (2), resta pur sempre il fatto che detta formula si fonda su approssimazione di cui è talora difficile apprezzare la portata.

A questo riguardo rileveremo, per incidenza, come spesso si affermi essere illusoria la pretesa di ottenere una grande precisione nello studio del cambiamento di stato e ciò in ragione della grande incertezza esistente nella scelta del valore del modulo di elasticità E, oltre alla circostanza che la considerazione di un sovraccarico uniformemente distribuito sul conduttore costituisce soltanto un'ipotesi ideale.

Pur senza contestare la fondatezza di tali asserzioni riteniamo che la precisione analica, ove ben inteso non venga ottenuta a prezzo di calcoli laboriosi, sia egualmente desiderabile. Questa infatti, oltre a soddisfare lo spirito del calcolatore, permette di apprezzare con maggior sicurezza il grado di approssimazione dei risultati una volta fissati, ad esempio, i possibili scarti massimi del modulo di elasticità rispetto al valore medio assunto nelle calcolazioni.

Tutto ciò premesso vogliamo mostrare come, pur conservando all'equazione del cambiamento di stato la forma algebrica semplice (1), sia possibile, senza complicare i calcoli, assegnare alle costanti M e N espressioni tali da condurre alla determinazione del parametro c, ovvero di σ, con la stessa precisione conseguibile mediante i procedimenti del metodo iperbolico; e ciò per qualsiasi valore della campata e del dislivello.

2. - EQUAZIONE ALGEBRICA DEL CAMBIAMENTO DI STATO.

Premettiamo un'osservazione. L'allungamento elastico globale di un conduttore è uguale al rapporto tra la sua lunghezza l ed il modulo di elasticità E, moltiplicato per il valore medio della sollecitazione specifica lungo il suo sviluppo. Ora quantunque non vi sia alcuna difficoltà ad introdurre nei calcoli tale valore medio, si preferisce generalmente considerare, in sua vece, il valore medio σ_m rispetto alla proiezione del conduttore su un piano orizzontale, cioè rispetto alla campata a, il quale, mentre differisce di molto poco del precedente, ammette l'espressione semplicissima (3).

$$\sigma_m = \frac{l}{a}\,\sigma = \frac{l}{a}\,\gamma\,c$$

Questa inessenziale approssimazione è stata introdotta, per quanto ci risulta, in tutti i procedimenti più rigorosi sinora istituiti (3) ed anche noi ne faremo uso. Indicando allora con l'indice 1 le grandezze note relative alle condizioni iniziali e con l'indice 2 quelle relative alle

(2) Ad esempio il MAURER (vedi « Bulletin de l'Association Suisse des Électriciens », gennaio e febbraio 1936) assegna alle costanti M ed N le espressioni seguenti:

$$M = \frac{E\,a^2\,\gamma_1^2\cos\psi}{24\left(1+\dfrac{h^2}{2\,a^2}\right)\sigma_1^2} + \frac{\alpha\,E\,(t_2-t_1)}{1+\dfrac{h^2}{2\,a^2}} - \sigma_1$$

$$N = \frac{E\,a^2\,\gamma_2^2\cos\psi}{24\left(1+\dfrac{h^2}{2\,a^2}\right)}$$

in cui: $\psi = \operatorname{arctg}\dfrac{h}{a}$

(3) Vedi G. SILVA: loc. cit. alla nota (1).

nuove condizioni del carico (peso specifico fittizio γ_2) e della temperatura (t_2), si può scrivere l'equazione del cambiamento di stato, per una catenaria qualsiasi, sotto la forma:

$$l_2 - l_1 = (\gamma_2 c_2 - \gamma_1 c_1)\frac{l_1^2}{E a} + l_1 \alpha (t_2 - t_1) \qquad (2)$$

essendo la generica lunghezza l del conduttore espressa dalla nota formula (3):

$$l^2 = h^2 + 2 c^2 \left(\cos h \frac{a}{c} - 1\right) \qquad (3)$$

con h dislivello topografico (4).

Ma, attesa la piccolezza della differenza percentuale esistente tra l_2 ed l_1, si può porre senza apprezzabile errore (5):

$$l_2 - l_1 = \frac{l_2^2 - l_1^2}{l_2 + l_1} \sim \frac{1}{2 l_1}(l_2^2 - l_1^2) \qquad (4)$$

Tenendo conto della (3) e della (4) la (2) si può quindi scrivere:

$$c_2^2\left(\cos h \frac{a}{c_2} - 1\right) - c_1^2\left(\cos h \frac{a}{c_1} - 1\right) = $$

$$= (\gamma_2 c_2 - \gamma_1 c_1)\frac{l_1^3}{E a} + l_1^2 \alpha (t_2 - t_1) \qquad (5)$$

La (5) è un'equazione trascendente nell'incognita c_2 che si presta ad una risoluzione per tentativi ovvero ad una risoluzione grafica (6) ma possiamo ulteriormente semplificarla, conservandone la precisione, trasformandola in un'equazione algebrica di 3° grado mediante il seguente artificio che costituisce la ragion d'essere essenziale di questa nota. Si consideri lo sviluppo in serie del coseno iperbolico di una variabile reale x:

$$\cos h x = 1 + \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{24}x^4 + \frac{1}{720}x^6 + \ldots\ldots$$

Senza rinunciare alla precisione possiamo ritenere i soli primi tre termini della serie purchè, in luogo del denominatore 24 del 3° termine, introduciamo un opportuno fattore numerico K che possiamo chiamare *fattore di algebrizzazione*. Scriveremo cioè:

$$\cos h x = 1 + \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{K}x^4 \qquad (6)$$

Il fattore K sarà allora definito in funzione di x, dalla espressione:

$$K = \frac{x^4}{\cos h x - 1 - \frac{1}{2}x^2}$$

che dà luogo al diagramma di fig. 1 in cui si è posto:

$$x = a/c$$

Fermandosi al termine di sesto grado nello sviluppo del coseno iperbolico si ha:

$$K \cong \frac{24}{1 + \frac{1}{30}\left(\frac{a}{c}\right)^2} \qquad (6')$$

Questa formula è assai più comoda della precedente e, dato anche che consente un'ottima approssimazione, è quella proposta per l'uso pratico.

I valori di K risultano anche dalla:

TABELLA I.

a/c	K	a/c	K
0,1	~24	1,1	23,05
0,2	23,99	1,2	22,87
0,3	23,95	1,3	22,69
0,4	23,90	1,4	22,50
0,5	23,82	1,5	22,28
0,6	23,72	1,6	22,05
0,7	23,61	1,7	21,80
0,8	23,49	1,8	21,56
0,9	23,35	1,9	21,29
1	23,20	2	21,01

Tenendo ora conto della (6) possiamo scrivere:

$$c^2\left(\cos h \frac{a}{c} - 1\right) = \frac{1}{2}a^2 + \frac{1}{K}\frac{a^4}{c^2}$$

e questa espressione introdotta nella (5) fornisce dopo ovvie trasformazioni:

$$c_2^3 + c_2^2\left[\frac{E}{K_1 \gamma_2}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 + \right.$$

$$\left. + (t_2 - t_1)\frac{\alpha E}{\gamma_2}\frac{a}{l_1} - c_1\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right] = \frac{E a^2}{K_2 \gamma_2}\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 \qquad (7)$$

in cui K_1 e K_2 rappresentano i valori assunti dal coefficiente K di fig. 1 rispettivamente in corrispondenza ai valori a/c_1 ed a/c_2. Il valore K_2 non è perciò noto a priori e quindi la (7) dovrebbe, a rigore, essere risolta per tentativi. Se peraltro si passa ai numeri si constata che fare una distinzione tra K_1 e K_2 non avrebbe senso dato che queste quantità differiscono sempre estremamente poco l'una dall'altra. Ciò si intuisce osservando la fig. 1 e tenendo presente che se per grandi valori di a/c la pendenza della curva è rilevante, le variazioni del rapporto a/c sono però molto limitate, mentre per piccoli valori

(4) Come è noto la (eventuale) spinta del vento, facendo ruotare il piano della catenaria, ne altera campata e dislivello effettivi rispetto ai valori topografici. Noi prescinderemo peraltro, per semplicità, da tale circostanza quantunque la formula generale cui perverremo permetta, mediante qualche inessenziale modificazione, di tenerne conto. Tale posizione semplificativa è adottata dalla maggior parte degli autori che si sono occupati di calcolo meccanico delle linee aeree.

(5) Tenendo infatti presente che in pratica la differenza tra l_2 ed l_1 può al massimo raggiungere lo 0,1 % di l_1, si può supporre per fare il caso più sfavorevole:

$$l_2 - l_1 = 0{,}001\, l_1$$

Applicando invece la (4) si avrebbe:

$$l_2 - l_1 = \frac{1}{2 l_1}(1{,}001^2 - 1)\, l_1^2 = 0{,}0010005\, l_1$$

e quindi un errore massimo di solo lo 0,05 %, cioè affatto trascurabile.

(6) La (5) si può infatti ridurre alla forma:

$$P + \frac{a}{c_2}Q = \frac{c_2}{a}\left(\cos h \frac{a}{c_2} - 1\right)$$

essendo P e Q due costanti note. Essa è quindi suscettibile di una risoluzione grafica assumendo P e Q come coordinate cartesiane cosicchè ad ogni valore di a/c_2 viene a corrispondere una retta. Il diagramma che ne risulta presenta peraltro il difetto di un forte addensamento delle rette a/c_2 = costante col diminuire del valore di detta costante.

di a/c, cui corrispondono variazioni più sensibili, la pendenza della curva si riduce progressivamente.

Riservandoci comunque di dimostrare praticamente, negli esempi numerici sviluppati più avanti, l'esattezza di tali asserzioni, assumiamo allora nella (7):

$$K_2 = K_1$$

essendo, ripetiamo, K_1 il fattore di algebrizzazione corrispondente ad a/c_1 secondo la formula (6') ovvero sul diagramma di fig. 1. Otteniamo così finalmente la seguente equazione generale *algebrica* del cambiamento di stato (nella incognita c_2):

$$\left(\frac{c_2}{1000}\right)^3 + \left(\frac{c_2}{1000}\right)^2 \left[\frac{E}{K_1\,\gamma_2}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 + (t_2 - t_1)\frac{\alpha E}{\gamma_2}\frac{a}{l_1} - c_1\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right] 10^{-3} = \frac{E\,a^2}{K_1\,\gamma_2}\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 10^{-9} \tag{8}$$

in cui sono stati introdotti dei coefficienti numerici, multipli e sottomultipli di 10, che facilitano assai le calcolazioni.

Se invece del parametro c_2 si fa comparire come incognita la sollecitazione $\sigma_2 = c_2\,\gamma_2$ si ottiene:

$$\sigma_2^3 + \sigma_2^2\left[\frac{E}{K_1}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 + (t_2 - t_1)\,\alpha E\frac{a}{l_1} - \sigma_1\right] = \frac{E\,a^2\,\gamma_2^2}{K_1}\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 \tag{9}$$

formula che si presta ad un confronto più immediato con quelle approssimate di più comune uso (7).

Nei riguardi della (8) e della (9) sarà poi opportuno osservare quanto segue:

1°) Dette formule valgono per campate e dislivelli qualsiasi, in particolare per campate a livello.

2°) La lunghezza l_1 da introdurre nella (8) o nella (9) è calcolabile mediante la (3); ma se si vuol evitare di doversi servire delle tavole delle funzioni iperboliche si può usare la formula *algebrica* seguente, altrettanto esatta quanto la (3) ma *assai più conveniente nell'uso del regolo calcolatore*, e che si deduce facilmente da quest'ultima sfruttando la posizione (6)

$$\frac{l}{a} = \sqrt{1 + \left(\frac{h}{a}\right)^2 + \frac{2}{K}\left(\frac{a}{c}\right)^2} \tag{10}$$

ovvero la formula equivalente:

$$\frac{l}{a} = \frac{1}{\cos\psi}\sqrt{1 + \frac{2}{K}\left(\frac{a}{c}\right)^2\cos^2\psi} \tag{10'}$$

(7) Se infine si assume come incognita la campata assoluta a/c_2 si ottiene la equazione notevole:

$$\left(\frac{a}{c_2}\right)^3 - \left(\frac{a}{c_2}\right)\left[\left(\frac{a_1}{c_1}\right)^2 + (t_2 - t_1)\,\alpha K_1\left(\frac{l_1}{a}\right)^2 - \frac{a\,\gamma_1 K_1}{E\,(a/c_1)}\left(\frac{l_1}{a}\right)^3\right] = \frac{a\,\gamma_2 K_1}{E}\left(\frac{l_1}{a}\right)^3$$

in cui ψ è l'angolo di inclinazione topografica (8)

$$\psi = \text{arc tg}\,\frac{h}{a}$$

In entrambe queste formule K è, come al solito, il fattore di algebrizzazione che si ricava dal diagramma di fig. 1 in corrispondenza all'ascissa a/c (ovvero dalla formula 6').

3°) Per campate di non grande lunghezza, in cui il rapporto a/c è notevolmente minore dell'unità, il rapporto a/l_1, che compare nella (8) e nella (9), viene a coincidere praticamente con $\cos\psi$ ed il fattore K_1 con 24.

Osserveremo infine che la (8) e la (9) si prestano ad una semplice risoluzione grafica come si dirà al n. 4.

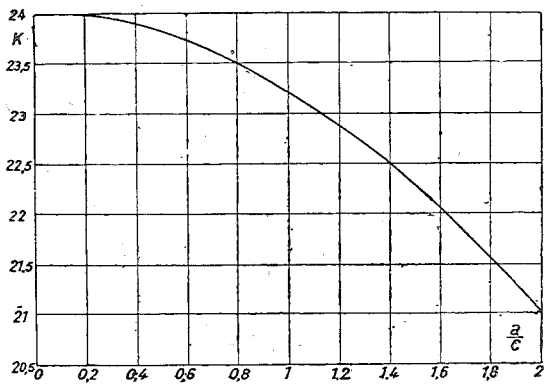

Fig 1

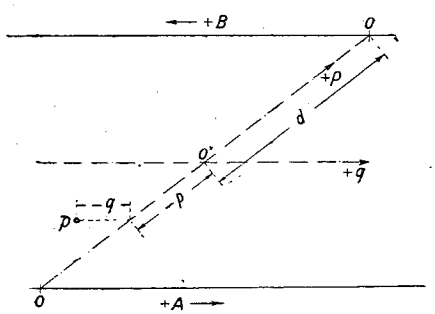

Fig 2

Fig. 1. — Fattore di algebrizzazione K in funzione del rapporto a/c (campata assoluta).

Fig. 2. — A chiarimento della costruzione del nomogramma per la risoluzione grafica di un'equazione del tipo:

$$x^3 + A\,x^2 = B$$

3. - ESEMPI NUMERICI.

Quantunque l'applicazione pratica delle formule sviluppate non necessiti di alcun chiarimento, essendo in tutto simile a quella delle ordinarie formule approssimate, svilupperemo due esempi numerici anche allo scopo di giustificare la sostituzione del fattore incognito K_2 con quello noto K_1 effettuata per passare dalla formula (7) alla (8).

Considereremo perciò due casi molto diversi, quello di una campata assai lunga e quello di una campata piuttosto breve con forte dislivello.

(8) Per valori di a/c non maggiori dell'unità, in luogo della formula esatta (10') si può usare la seguente che dà un'approssimazione generalmente sufficiente e che segue da quella esatta ritenendo i soli due primi termini dello sviluppo del radicale:

$$\frac{l}{a} \sim \frac{1}{\cos\psi}\left[1 + \frac{\cos^2\psi}{K}\left(\frac{a}{c}\right)^2\right]$$

1°) Si abbia un conduttore di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 490,59 mm², formazione 54 + 7, tesato in una campata avente i dati seguenti:

$$a = 1200 \text{ m} \qquad h = 400 \text{ m}$$

Le condizioni iniziali considerate siano quelle di temperatura $t_1 = 0$ °C con sovraccarico di 2 kg/m di ghiaccio ($\gamma_1 = 7{,}5 \cdot 10^{-3}$ kg/mm² · m). Per avere una sollecitazione massima, all'attacco superiore, eguale ad 1/3 circa del carico di rottura, la componente orizzontale σ_1 deve essere di 6 kg/mm². Si ha perciò:

$$c_1 = \frac{6}{7{,}5 \cdot 10^{-3}} = 800 \text{ m} \qquad \frac{a}{c_1} = \frac{1200}{800} = 1{,}5$$

Si considerino ora le nuove condizioni corrispondenti ad una temperatura di + 40° senza sovraccarico

$$(\gamma_2 = 3{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{m}).$$

Per $a/c_1 = 1{,}5$ il diagramma di fig. 1 (ovvero la tabella I) dà $K_1 = 22{,}28$. La (10) fornisce allora:

$$\frac{l_1}{a} = \sqrt{1 + \left(\frac{400}{1200}\right)^2 + \frac{2}{22{,}28} 1{,}5^2} = 1{,}146$$

e si ha:

$$\frac{a}{l_1} = \frac{1}{1{,}146} = 0{,}8725$$

Poichè per la corda considerata è:

$$E = 7150 \qquad ; \qquad \alpha = 19{,}6 \cdot 10^{-6}$$

applicando ad esempio la (8) si ha:

$$\left(\frac{c_2}{1000}\right)^3 + \left(\frac{c_2}{1000}\right)^2 \left[\frac{7150}{22{,}28 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-3}} 1{,}5^2 \cdot 0{,}8725^3 + \right.$$
$$\left. + 40 \frac{7150 \cdot 19{,}6 \cdot 10^{-6}}{3{,}4 \cdot 10^{-3}} 0{,}8725 - 800 \frac{7{,}5}{3{,}4}\right] 10^{-3} =$$
$$= \frac{7150 \cdot 1{,}2^2 \cdot 10^6}{22{,}28 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-3}} 0{,}8725^3 \cdot 10^{-9}$$

vale a dire:

$$\left(\frac{c_2}{1000}\right)^3 + 140{,}5 \left(\frac{c_2}{1000}\right)^2 = 90{,}2$$

da cui con qualche tentativo (ovvero subito mediante il nomogramma riportato in fig. 3) si ottiene:

$$c_2 = 798 \text{ m} \qquad ; \qquad \sigma_2 = 798 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-3} = 2{,}715 \text{ kg/mm}^2$$

Secondo la fig. 1 al rapporto:

$$\frac{a}{c_2} = \frac{1200}{798} = 1{,}504$$

corrisponde $K_2 \sim 22{,}27$ e si vede che l'errore commesso assumendo nella (8) $K_2 = K_1$ è assolutamente trascurabile.

2°) Si consideri ora una corda, sempre di alluminio-acciaio, della sezione di 227,83 mm², formazione 30 + 7; i dati della campata siano:

$$a = 150 \text{ m} \qquad ; \qquad h = 75 \text{ m}$$

Le condizioni iniziali siano:

$$\sigma_1 = 3 \text{ kg/mm}^2; \; t_1 = + 40° \text{ C}$$
$$\gamma_1 = 3{,}77 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{m}$$

La temperatura passi ora al valore $t_2 = -20°$ ed il peso specifico fittizio salga, ad esempio, per la presenza di un manicotto di ghiaccio, al valore

$$\gamma_2 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{m}$$

Si ha successivamente:

$$c_1 = \frac{3}{3{,}77 \cdot 10^{-3}} = 795 \qquad ; \qquad \frac{a}{c_1} = \frac{150}{795} = 0{,}1886$$
$$K_1 \cong 23{,}99 \qquad \text{(fig. 1)}$$

e quindi dalla (10):

$$\frac{l_1}{a} = \sqrt{1 + \left(\frac{75}{150}\right)^2 + \frac{2}{23{,}99} 0{,}1886^2} = 1{,}131$$
$$\frac{a}{l_1} = \frac{1}{1{,}131} = 0{,}884$$

Inoltre per la corda qui considerata è:

$$E = 8000 \qquad ; \qquad \alpha = 18 \cdot 10^{-6}$$

Volendo allora applicare la (9), in luogo della (8) usata nell'esempio precedente, risulta:

$$\sigma_2^3 + \sigma_2^2 \left[\frac{8000}{23{,}99} 0{,}1886^2 \cdot 0{,}884^3 - \right.$$
$$\left. - 60 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot 8000 \cdot 0{,}884 - 3\right] =$$
$$= \frac{8000 \cdot 150^2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}}{23{,}99} \cdot 0{,}884^3$$

vale a dire:

$$\sigma_2^3 - 2{,}45 \, \sigma_2^2 = 518$$

da cui con qualche tentativo (ovvero mediante il nomogramma riportato in fig. 4) si ricava:

$$\sigma_2 = 8{,}93 \text{ kg/mm}^2 \qquad ; \qquad c_2 = \frac{8{,}93}{10 \cdot 10^{-3}} = 893 \text{ m}$$

Anche in questo caso alla nuova campata assoluta $a/c_2 = 0{,}168$ corrisponde (fig. 1) un valore K_2 di K (~ 24) praticamente coincidente con quello relativo alle condizioni iniziali.

4. - Risoluzione grafica del cambiamento di stato.

L'equazione algebrica del cambiamento di stato (8) (ovvero l'analoga 9) dedotta più sopra, può risolversi molto facilmente per via grafica. Si ponga:

$$\left.\begin{aligned} A &= \left[\frac{E}{K_1 \gamma_2}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2 \left(\frac{a}{l_1}\right)^3 + \right. \\ &\left. + (t_2 - t_1) \frac{\alpha E}{\gamma_2} \frac{a}{l_1} - c_1 \frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right] 10^{-3} \\ B &= \frac{E a^2}{K_1 \gamma_2}\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 10^{-9} \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

cosicchè la (8) diviene:

$$\left(\frac{c_2}{1000}\right)^3 + A \left(\frac{c_2}{1000}\right)^2 = B \qquad (12)$$

Se allora si assumono A e B come coordinate di una coppia di assi cartesiani, ad ogni valore di c_2 corrisponde graficamente una retta cosicchè, tracciato un fascio di rette c_2 = costante, la retta passante per il punto di coordinate A e B determina il valore c_2 soddisfacente la (12).

Il diagramma che ne risulta è di uso molto comodo ma non si presta bene a coprire tutta la gamma dei valori di A e B che possono interessare le applicazioni perchè se i valori massimi di A e B si scelgono un po' elevati (come interessa nel caso delle campate lunghe) si verifica un addensamento delle rette $c_2 = \text{cost}$ per i bassi valori delle scale. Occorrerebbe pertanto tracciare un certo numero di diagrammi per coprire tutto il campo di variabilità di A e B.

Ad evitare questo inconveniente si è fatto ricorso ad un *nomogramma* a punti allineati (vedi figg. 3 e 4) il quale fornisce la soluzione c_2 della (12) (ovvero direttamente la corrispondente sollecitazione σ_2) come intersezione della retta congiungente i punti rappresentativi di A e B (ovvero di M ed N) sulle apposite scale con una delle curve interne.

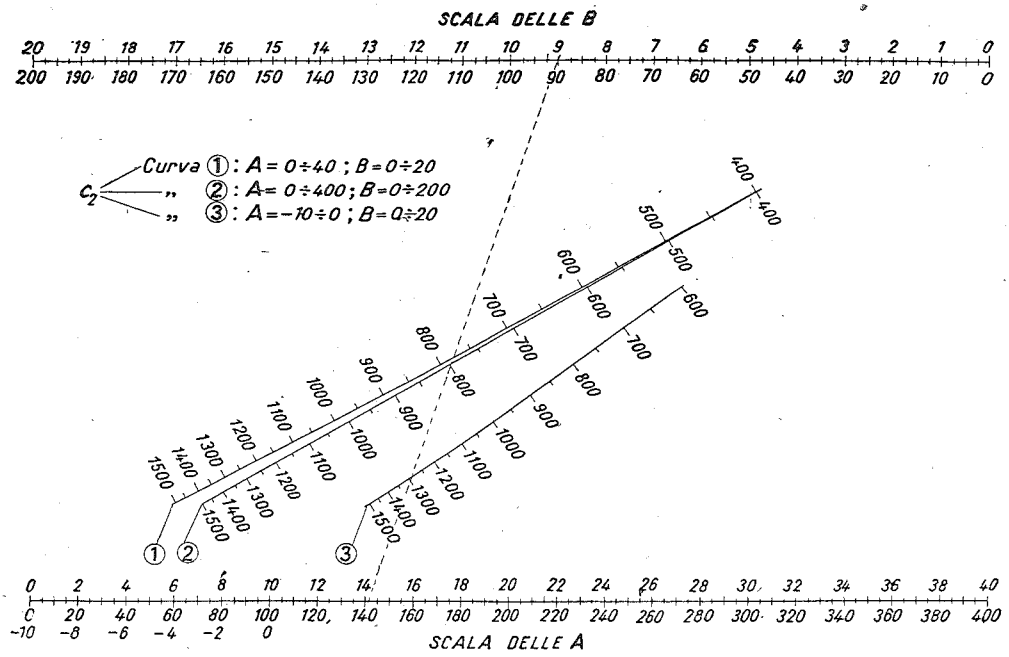

Fig. 3. — Nomogramma per la risoluzione grafica del cambiamento di stato secondo l'equazione: $\left(\frac{c_2}{1000}\right)^3 + A\left(\frac{c_2}{1000}\right)^2 = B$

Le costanti A e B sono espresse dalle formule (11).

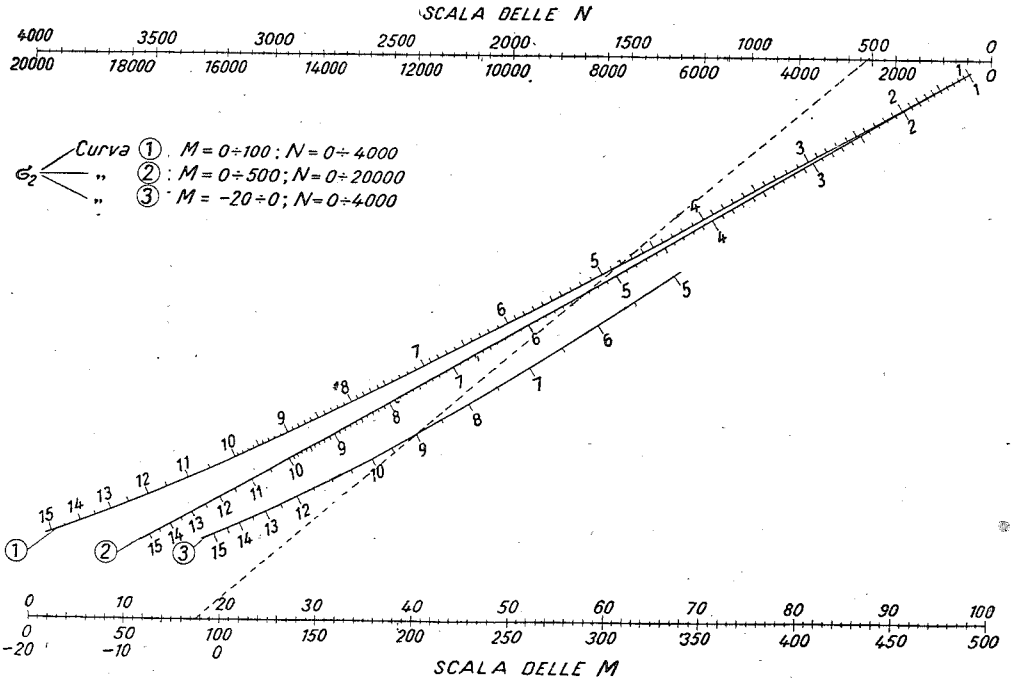

Fig. 4. — Nomogramma per la risoluzione grafica del cambiamento di stato secondo l'equazione: $\sigma_2^3 + M\,\sigma_2^2 = N$ Le costanti M ed N sono espresse dalle formule (15).

La costruzione delle figg. 3 e 4 segue direttamente dalla teoria generale dei nomogrammi (9) ma non è forse

(9) Vedi ad es. G. CARDELLINO: *Nomogrammi per la determinazione dei rendimenti e delle cadute di tensione dei trasformatori.* « L'Elettrotecnica », 1937, pag. 340.

inopportuno illustrarla sia per metterne in evidenza la semplicità sia per comodità di chi fosse desideroso di riprodurre in grande il disegno.

Per incidenza vorremmo qui rilevare che, a nostro avviso, una maggior diffusione dell'uso dei nomogrammi sarebbe assai opportuna dato che questi costituiscono spesso la rappresentazione grafica più conveniente del legame esistente fra una terna di variabili.

Nella costruzione della fig. 3 si sono assunte due diverse scale per A e, corrispondentemente, due per B in modo da servire per campate sino a circa 1500 m.

Le scale più piccole sono state scelte eguali ad 1/10 di quelle più grandi. Per comodità di disegno si è poi riservata una apposita scala ai valori negativi di A.

Per costruire il nomogramma si comincia con il disegnare le due orizzontali (fig. 2) su cui dovranno venir tracciate le scale di A e B tenendo presente che se A cresce, ad esempio, procedendo verso destra, B deve crescere procedendo verso sinistra. Si conducono poi la diagonale congiungente le origini delle due scale e la parallela ad esse scale passante per il punto di mezzo $0'$ della diagonale. Detto punto, assieme alle due rette da esso uscenti, costituisce il sistema di assi cartesiani *non ortogonali* rispetto ai quali va disegnata la curva rappresentativa di c_2 soddisfacente la (12). Come mostra la fig. 2 le relative coordinate vengono indicate con p (positivo al disopra dell'origine $0'$) e con q (positivo verso la destra di $0'$).

La distanza tra le scale A e B è arbitraria ma conviene sceglierla in modo che la semilunghezza d della diagonale sia rappresentata da un numero intero; ciò allo scopo di semplificare i calcoli.

Resta ora da determinare per punti la curva graduata relativa alla variabile c_2; a questo scopo si applicano le semplici formule:

$$\left.\begin{aligned} p &= -d\,\frac{(c_2/1000)^2 - u_A/u_B}{(c_2/1000)^2 + u_A/u_B} \\ q &= -u_A\,\frac{(c_2/1000)^3}{(c_2/1000)^2 + u_A/u_B} \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

assegnando a c_2 una serie di valori e riportando sul diagramma i punti aventi come coordinate quelli corrispondenti p e q (vedi punto P in fig. 2). In dette formule u_A ed u_B sono le unità di misura delle scale A e B e d è, come detto più sopra, la semilunghezza della diagonale (asse p).

Considerando per il momento le sole due scale (fig. 3):

$$A = 0 \div 400 \quad ; \quad B = 0 \div 200$$

se si sceglie per entrambe una lunghezza di 400 mm, risulta:

$$u_A = 400/400 = 1 \text{ mm} \quad ; \quad u_B = 400/200 = 2 \text{ mm}$$

Se inoltre ad esempio si assume:

$$d = 230 \text{ mm}$$

cui corrisponde una distanza tra le scale eguale a:

$$\sqrt{\overline{460}^2 - \overline{400}^2} = 227{,}3 \text{ mm}$$

le formule (13) divengono:

$$p = -230\,\frac{(c_2/1000)^2 - 0{,}5}{(c_2/1000)^2 + 0{,}5} \text{ mm}$$

$$q = -\frac{(c_2/1000)^3}{(c_2/1000)^2 + 0{,}5}$$

La tabella II contiene i valori già calcolati di p/d e di q/u_A che permettono di tracciare rapidamente il nomogramma fissando i valori di d e di u_A in relazione alle dimensioni più o meno grandi che gli si vogliono far assumere.

Unica condizione per l'applicazione della tabella è che il rapporto u_A/u_B sia scelto eguale ad 1/2 come appunto si è fatto in fig. 3.

TABELLA II.

c_2	p/d	q/u_A
400	+0,5150	—0,097
500	+0,3333	—0,166
600	+0,1628	—0,251
700	+0,0101	—0,347
800	—0,1228	—0,449
900	—0,2370	—0,556
1000	—0,3333	—0,666
1100	—0,4150	—0,778
1200	—0,4845	—0,892
1300	—0,5430	—1
1400	—0,5930	—1,115
1500	—0,6370	—1,228

Se dunque in luogo delle due scale di A e B prima considerate se ne assumono altre due qualsiasi dedotte dalle precedenti secondo uno stesso rapporto, i valori della tabella II restano immutati.

Ne consegue che per determinare la curva graduata di c_2 relativa alle nuove scale (fig. 3):

$$A = 0 \div 40 \quad ; \quad B = 0 \div 20$$

non c'è che da moltiplicare per 10 (qui $u_A = 10$) le coordinate q di quella relativa alle precedenti scale mentre le coordinate p sono ancora quelle di prima.

Infine, per tracciare la curva graduata di c_2 da usare con valori negativi di A non c'è che da spostare verso destra, parallelamente alla scala A, i punti della curva determinata in precedenza, di segmenti eguali a quelli intercetti tra la primitiva diagonale e la nuova diagonale congiungente l'origine di B con la nuova origine di A.

In fig. 3 è indicata l'applicazione del nomogramma al primo esempio numerico svolto al n. 3 ($A = 140{,}5$; $B = 90{,}2$; risulta $c_2 = 798$).

*

Analoghe considerazioni si possono svolgere nei riguardi della equazione (9) che può porsi sotto la forma (1):

$$\sigma_2^3 + M\,\sigma_2^2 = N \qquad (14)$$

assumendo:

$$\left.\begin{aligned} M &= \frac{E}{K_1}\left(\frac{a}{c_1}\right)^2\left(\frac{a}{l_1}\right) + (t_2 - t_1)\,\alpha\,E\,\frac{a}{l_1} - \sigma_1 \\ N &= \frac{E\,a^2\,\gamma_2^2}{K_1}\left(\frac{a}{l_1}\right)^3 \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Il nomogramma che ne risulta, in tutto analogo a quello di fig. 3, è riportato in fig. 4. Per comodità del lettore che volesse riprodurre il grafico diamo anche qui, nella tabella III, i valori già calcolati dei rapporti p/d e q/u_M nell'ipotesi che le scale M ed N siano scelte in modo da aversi:

$$\frac{u_M}{u_N} = 40$$

come appunto si è fatto in fig. 4 [10].

[10] Inoltre in fig. 4 la distanza fra le scale M ed N è stata scelta un po' maggiore che in fig. 3 (scale A e B).

TABELLA III.

σ_2	p/d	q/u_M
1	+0,9520	—0,024
1,5	+0,8925	—0,080
2	+0,8180	—0,182
2,5	+0,7290	—0,338
3	+0,6325	—0,551
3,5	+0,5305	—0,820
4	+0,4280	—1,143
4,5	+0,3280	—1,515
5	+0,2310	—1,925
6	+0,0527	—2,845
7	—0,1011	—3,855
8	—0,2310	—4,925
9	—0,3390	—6,025
10	—0,4280	—7,140
11	—0,5025	—8.270
12	—0,5650	—9,400
13	—0,6175	—10,51
14	—0,6600	—11,62
15	—0,6975	—12,75

In fig. 4 è indicata l'applicazione del nomogramma al secondo esempio numerico svolto al n. 3 ($M = -2{,}45$; $N = 518$; risulta $\sigma_2 = 8{,}93$).

*

L'Autore porge un vivo ringraziamento al prof. ing. Agostino Dalla Verde dalla cui profonda conoscenza della materia ha tratto non poco ausilio nello sviluppo della presente nota.

Esprime inoltre la propria riconoscenza al prof. ing. Giovanni Silva per gli interessanti consigli fornitigli.

Torino, febbraio 1946.

GLI SCHEMI FUNZIONALI - NOTE SUL LORO USO PRATICO

EUGENIO BIANCHI

Si mettono in evidenza i vantaggi degli schemi funzionali anche in alcuni casi particolari e si propongono alcuni suggerimenti per le applicazioni pratiche e per l'uso più esteso di un codice convenzionale.

L'impiego degli schemi funzionali è già stato illustrato nell'articolo dell'ing. Parrini, pubblicato su « L'Elettrotecnica » del 10 agosto 1941, e dell'ing. Crippa, pubblicato su « L'Apparecchiatura Elettrica » del giugno 1942; il primo di questi sopratutto mette in grande evidenza i vantaggi che si possono ricavare dagli schemi funzionali e spiega in modo chiaro ed esauriente come vengono compilati questi schemi.

Ritengo non del tutto inutile ritornare sull'argomento con alcune brevi considerazioni, che possono presentare interesse ed essere utili a chi deve studiare e realizzare circuiti speciali e che sono nate dall'uso continuo, praticato da ormai quindici anni [1], e dall'impiego generalizzato a molti casi e ad applicazioni diverse.

[1] P. es. nello schema della centrale automatica di Malgamare del 1933.

I. — BLOCCHI ELETTRICI PER MANOVRE A SEQUENZA OBBLIGATA.

Un motore sincrono doveva essere avviato automaticamente con la successione (fig. 1):

1°) chiusura dell'interruttore di centro stella 6C;
2°) chiusura dell'interruttore di avviamento 6A;
3°) chiusura dell'interruttore di eccitazione 41;
4°) apertura dell'interruttore di centro stella 6C;
5°) chiusura dell'interruttore di marcia 42;
6°) apertura dell'interruttore di avviamento 6A.

L'automatismo aveva già richiesto l'adozione di un contattore principale chiamato 4 che eccitandosi dava inizio e diseccitandosi arrestava la sequenza d'avviamento e, provocando l'apertura degli interruttori, riportava tutto alle condizioni iniziali; nel circuito di questo contattore principale si erano già introdotti vari contatti di blocco per impedire l'eccitazione del 4, e quindi l'inizio della sequenza di avviamento, se tutti gli interruttori non erano aperti.

Quando si è vista la necessità di introdurre altri blocchi, per assicurare che le operazioni di avviamento potessero proseguire solo se era rispettata la sequenza stabilita, è venuta l'idea di aggiungere altri contatti nel circuito del contattore 4 disposti e collegati in modo che, se la successione delle manovre era quella voluta, il 4 restasse eccitato e permettesse che l'avviamento continuasse, se invece per una causa qualsiasi (mancato ingancio di un interruttore, scatto intempestivo od altro) avveniva una manovra fuori della sequenza stabilita, il 4 si diseccitasse arrestando l'avviamento e riportando tutto alle condizioni iniziali.

Questo complesso di blocco è stato studiato con uno schema funzionale e grazie alle caratteristiche ed alle particolarità di questi schemi è stato risolto rapidamente e chiaramente nel modo seguente (fig. 2) [2].

All'inizio il primo blocco deve impedire che la sequenza proceda se l'interruttore d'avviamento 6A si chiude prima dell'interruttore di centro stella 6C; mettendo un contatto discorde di 6A in parallelo ad uno concorde di 6C si realizza questa condizione perchè se 6A si chiude prima, si apre il contatto discorde 6A ed il 4 si diseccita; alla fine però 6C si deve aprire prima di 6A ed il circuito di blocco realizzato semplicemente come detto sopra provocherebbe la diseccitazione del 4 anche in questo caso; per impedire questo intervento intempestivo è necessario mettere in parallelo ai contatti 6A e 6C un altro contatto che sia aperto all'inizio, per non disturbare il regolare funzionamento del blocco, e sia invece chiuso alla fine per lasciar procedere la manovra; questo può essere fatto da un contatto concorde dell'interruttore di eccitazione 41.

In seguito è necessario introdurre un secondo blocco, per controllare che l'interruttore di eccitazione 41 si chiuda solo ad interruttore di avviamento 6A chiuso, per assicurare che l'avviamento proceda colla successione voluta e che una chiusura anticipata del 41 non neutralizzi il primo blocco.

Questa condizione è realizzata mettendo in parallelo un contatto concorde di 6A con uno discorde di 41; infatti se 41 si chiude a 6A aperto il contatto discorde di 41 si apre mentre il contatto concorde di 6A è ancora aperto ed il 4 si diseccita; anche qui però si verifica che alla fine l'interruttore di avviamento 6A che si deve aprire ad interruttore di eccitazione 41 chiuso diseccì-

[2] Sono chiamati « concordi » o « c » i contatti di fine corsa chiusi ad interruttore chiuso ed aperti ad interruttore aperto; sono chiamati invece « discordi » o « d » i contatti di fine corsa chiusi ad interruttore aperto ed aperti ad interruttore chiuso.

Negli schemi funzionali che seguono le bobine degli apparecchi sono rappresentate con il simbolo O.

terebbe il 4; bisogna trovare un altro contatto che sia aperto all'inizio, per non disturbare il blocco, e sia chiuso alla fine per impedire l'arresto intempestivo dell'avviamento; risponde a queste condizioni un contatto concorde dell'interruttore di marcia 42.

marcia normale l'interruttore di eccitazione 41 per una causa qualsiasi si apre, il 4 si diseccita e provoca il distacco del sincrono dalla rete.

La grande semplicità e la chiarezza d'interpretazione degli schemi funzionali risulta immediatamente dal con-

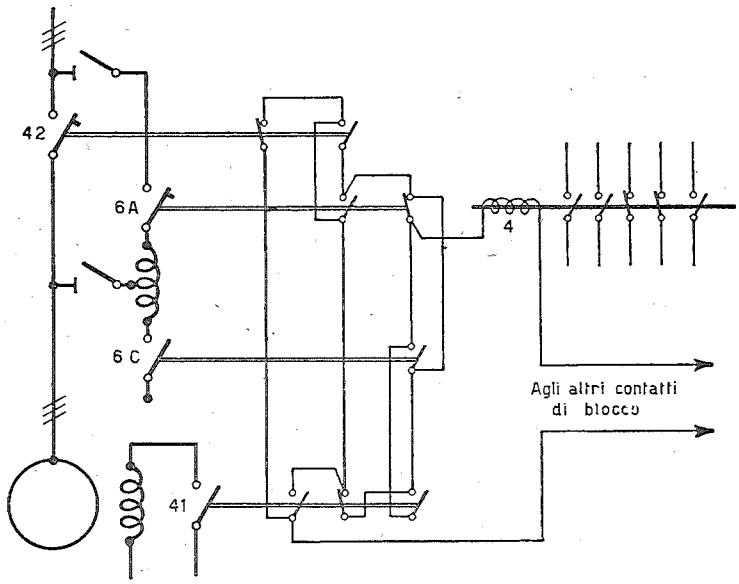

Fig. 1.

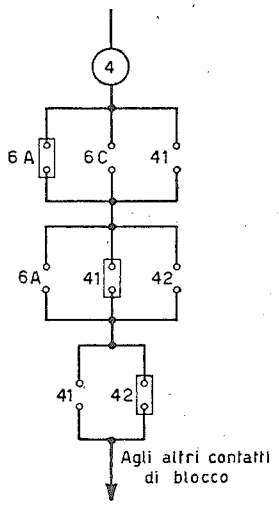

Fig. 2.

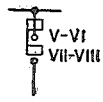

Fig. 3.

Bisogna aggiungere ancora un terzo blocco per impedire che la sequenza proceda se l'interruttore di marcia 42 si chiude prima dell'interruttore di eccitazione 41, sia per impedire che una chiusura intempestiva del 42 neutralizzi il blocco precedente, sia per assicurarsi che l'avviamento proceda nella successione voluta.

Mettendo in parallelo un contatto concorde del 41 con uno discorde del 42 ci si assicura anche di questa condizione perchè se il 42 si chiude a 41 ancora aperto il contatto discorde 42 si apre mentre il contatto concorde 41 è ancora aperto ed il 4 si diseccita.

Quest'ultimo blocco assicura anche che, se durante la

fronto delle figg. 1 e 2 che rappresentano il circuito di blocco sopra descritto, con uno schema funzionale e con uno schema solito, ma curato in modo particolare per ridurre al minimo gli incroci e per renderlo più semplice possibile; nemmeno questo schema però può essere considerato esecutivo perchè per rendere semplici le connessioni non si è rispettata la topografia dei morsetti.

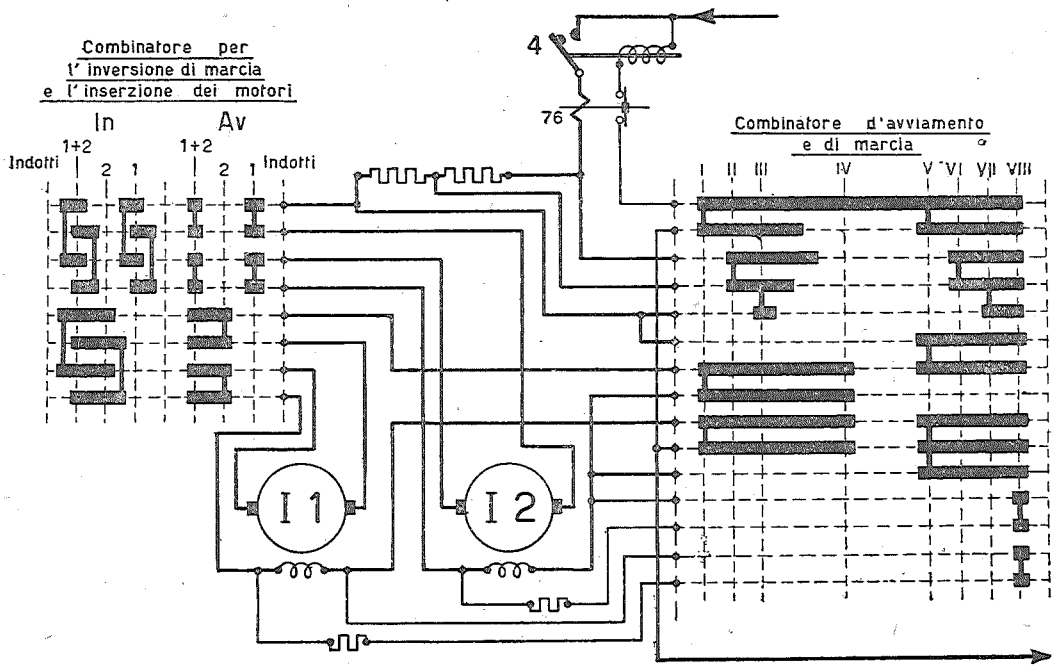

Fig. 4.

II. — APPLICAZIONE DEL CODICE CONVENZIONALE NUMERALE.

Ogni apparecchio sullo schema funzionale viene smembrato ed i diversi organi come bobine, contatti, ecc. vengono rappresentati in punti anche distanti del disegno; il problema di individuare i vari elementi di ogni appa-

recchio è stato risolto, come già è noto, stabilendo di contraddistinguere ogni apparecchio con una propria sigla letterale o numerica e di ripetere questa sigla convenzionale sia vicino all'organo di comando, ad es. la bobina, sia vicino a ciascun organo comandato, ad es. un contatto; stabilito p. es. di segnare col numero 51 i rilevatori di massima corrente, sullo schema funzionale si scriverà il numero 51 sia vicino al simbolo dell'avvolgimento, sia vicino al simbolo dei contatti dello stesso rilevatore.

Questo codice convenzionale per l'individuazione dei vari apparecchi può essere formato di volta in volta da ogni progettista; così facendo però sarebbe necessario riportare sul disegno il codice completo per dare la possibilità di interpretare lo schema a chi lo deve usare, e si avrebbe l'inconveniente che le sigle di riferimento, lasciate all'arbitrio dei singoli, varierebbero da impianto ad impianto e potrebbero essere causa di errore a chi si debba occupare contemporaneamente di due schemi con codice diverso.

In pratica il disaccordo sarebbe meno sentito perchè ogni progettista, che ricorda le sigle impiegate in un impianto precedente, per propria comodità darebbe la stessa sigla ad apparecchi aventi la stessa funzione, tenderebbe cioè a farsi un proprio codice fisso, almeno per gli apparecchi di impiego più comune e ricorrente, e questo codice tenderebbe naturalmente a diffondersi nell'ambito di ogni costruttore.

Risulta che per interpretare gli schemi funzionali è indispensabile avere un codice convenzionale e che per comodità sopratutto dei vari clienti è utilissimo avere un codice unico seguito da tutti i costruttori in modo p. es. che l'8 indichi sempre in tutti gli impianti l'interruttore generale dei circuiti ausiliari di comando, il 51 un rilevatore di massima corrente, il 90 il regolatore automatico di tensione.

Al codice convenzionale si muove l'appunto che richiede di apprendere a memoria alcune decine di sigle; ma si può obiettare che ogni modo di esprimersi richiede sempre una certa applicazione iniziale per apprendere i simboli e le locuzioni necessarie ed inoltre che i tecnici che devono occuparsi di automatismi e di schemi funzionali incominciano col ritenere subito le sigle degli apparecchi di uso più frequente e poi successivamente ritengono anche i numeri degli apparecchi di uso meno frequente finchè si trovano a ricordare le sigle di quasi tutti gli apparecchi.

Superato il periodo iniziale i vantaggi di tempo e di immediata comprensione che ha, nella lettura degli schemi funzionali, chi ricorda anche solo i numeri degli apparecchi di uso più comune, sono tali da compensarlo largamente del tempo speso per cercare sul codice il numero di qualche apparecchio.

Riconosciuta l'utilità di avere un codice convenzionale unico, il sottocomitato n. 3 del CEI ha opportunamente ritenuto conveniente studiare un codice da imporre a tutti i costruttori e, attenendosi a quanto è stato fatto in proposito all'estero, tenendo in considerazione quello che è stato già introdotto nell'uso da alcuni costruttori nostri, ha proposto un codice convenzionale numerale derivato salvo varianti di dettaglio da quello, conosciutissimo americano, della NEMA e ne ha consigliato l'uso in attesa di poterlo rendere obbligatorio.

Per le difficoltà contingenti il codice CEI non è stato ancora pubblicato; qui di seguito ne riportiamo uno stralcio con le voci di uso più comune per dare un'idea della sua funzione e nella speranza di favorire la sua graduale introduzione nell'uso (3).

(3) Un codice convenzionale completo che concorda con quello proposto dal C.E.I. è stato pubblicato dalla Magrini S. A. di Bergamo nel foglio NT0-0-2.

ESTRATTO DEL « CODICE CONVENZIONALE NUMERALE PER LE APPARECCHIATURE ELETTRICHE » PROPOSTO DAL CEI.

Lo schema elettrico deve rappresentare l'impianto in riposo con tutti i circuiti primari e secondari fuori tensione, compresa anche la linea di alta tensione.

Designazione	Definizione
1	Interruttore di comando per la messa in servizio e fuori servizio dell'impianto, istantaneamente o con ritardo, localmente o a distanza.
3	Relè principale di comando.
4	Contattore principale: interviene a modificare i circuiti ausiliari in modo da: *a*) Mettere in servizio l'impianto in relazione alla posizione dell'interruttore di comando 1 e di una parte dei dispositivi di protezione; *b*) Mettere fuori servizio l'impianto in corrispondenza di condizioni opposte alle precedenti.
6	Interruttore di avviamento.
8	Interruttore generale dei circuiti di comando (azionabile a mano).
15	Cercatore di sincronismo.
21	Relè Buchholz.
25	Selettore di parallelo atto a controllare il sincronismo di due sorgenti a c. a. e a comandarne il collegamento.
27	Relè di minima tensione per corrente alternata.
30	Relè di segnalazione con indicazione ottica persistente (cartellino) e dispositivo di riaggancio a mano: può anche essere usato come relè di blocco.
38	Relè termico per massima temperatura supporti.
40	Relè di eccitazione per macchine a corrente alternata.
41	Interruttore di eccitazione, contattore od altro dispositivo per il circuito di eccitazione di una macchina.
42	Interruttore di marcia, oppure contattore di marcia: è l'apparecchio che connette la macchina alla sorgente della tensione normale.
43	Commutatore di predisposizione di servizio: è il dispositivo che trasferisce i circuiti di comando degli interruttori, ecc. dal servizio automatico al manuale o comunque da una ad un'altra condizione di servizio (eccettuata la predisposizione della sequenza per la quale il dispositivo è denominato 10).
51	Relè di massima corrente per corrente alternata.
52	Interruttore principale di macchina.
59	Relè di massima tensione per corrente alternata.
60	Relè di confronto di tensioni.
70	Reostato con comando a motore.
72	Interruttore o contattore di manovra e protezione per linea a corrente continua.
76	Relè di massima corrente per corrente continua.
82	Relè per richiusura automatica di interruttore a corrente continua.
87	Relè differenziale.
90	Regolatore automatico di tensione.

Alimentatori. – Per gli apparecchi relativi a circuiti di alimentatori si usa una serie numerica del 101 al 199, determinando la decina e l'unità come per i precedenti.

Contatti ausiliari. – Possono venire aggiunte, in corrispondenza ai contatti ausiliari, lettere alfabetiche in carattere minuscolo per specificare la posizione rispetto al movimento dell'organo principale.

Apparecchi ausiliari. – Possono venire aggiunte al simbolo numerale convenzionale le lettere maiuscole *X*, *Y*, *Z* per individuare i soccorritori ausiliari del rispettivo organo principale.

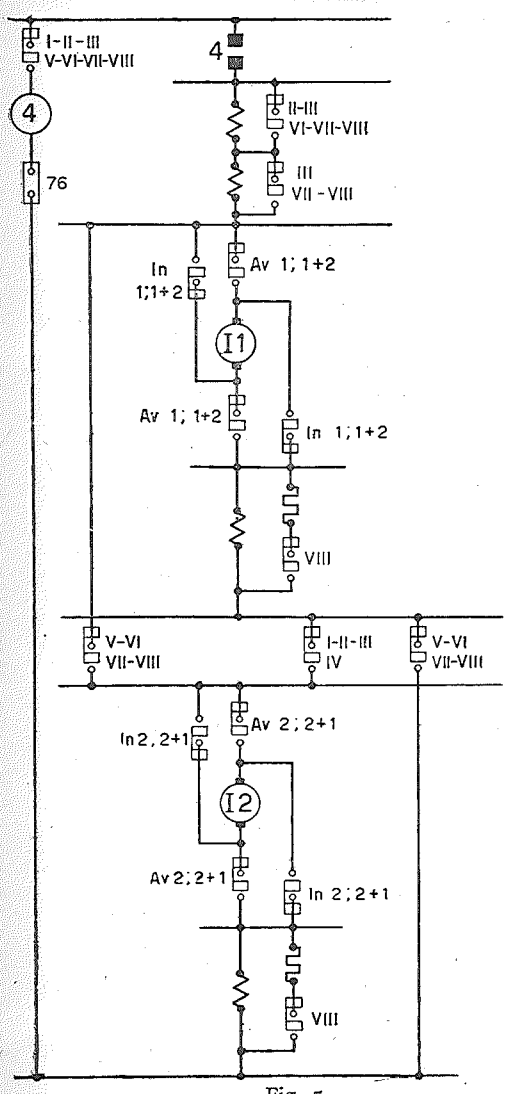

Fig. 5.

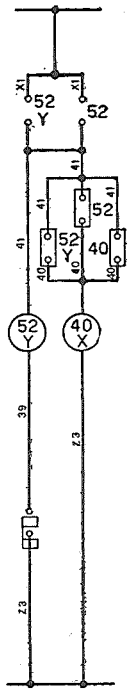

Fig. 6.

Fig. 7.

III. — Schemi funzionali di circuiti con controller.

Agli schemi funzionali si è mossa l'obiezione che non si prestano per rappresentare dei circuiti nei quali siano compresi dei combinatori o controller; gli schemi funzionali invece si prestano anche per questi casi quando si convenga di smembrare anche il combinatore nei suoi vari elementi per poterli inserire nel circuito nel quale effettivamente interessano e si indichi ciascuno elemento di combinatore con il simbolo della fig. 3 con scritto a fianco le posizioni del combinatore nelle quali quel contatto deve essere chiuso; per evitare confusione con gli altri numeri, dei quali si dirà in seguito, è opportuno indicare queste posizioni, che in generale sono sempre in numero limitato, con cifre romane; il simbolo della fig. 3 p. es. indica che il contatto è chiuso nelle posizioni V-VI-VII e VIII del combinatore.

Per dare un'idea più completa di questa applicazione si riporta nelle figg. 4 e 5 lo schema topografico e funzionale di un equipaggiamento elettrico di trazione con due motori collegabili in serie e parallelo e con unica resistenza a due gradini per l'avviamento e con indebolimento del campo nell'ultima posizione; lo schema è poi completato con un secondo combinatore per la marcia avanti ed indietro e per l'esclusione di un motore.

IV. — Numerazione dei conduttori.

Ultimato e controllato lo schema funzionale è utile numerare progressivamente, incominciando da un estremo, ogni conduttore tenendo presente che il numero si deve riferire al conduttore e quindi si dà lo stesso numero anche a più fili quando sono collegati direttamente e metallicamente mentre si deve cambiare il numero quando si passa attraverso un contatto, una bobina od anche solo una resistenza. È bene incominciare sempre la numerazione da sinistra e, per evitare confusioni con il numero convenzionale degli apparecchi, scrivere il numero del conduttore vicino al conduttore stesso e girato di 90° rispetto alla scrittura normale come è fatto nell'esempio della fig. 6.

La numerazione dei conduttori sullo schema funzionale è molto utile per le operazioni successive perchè:

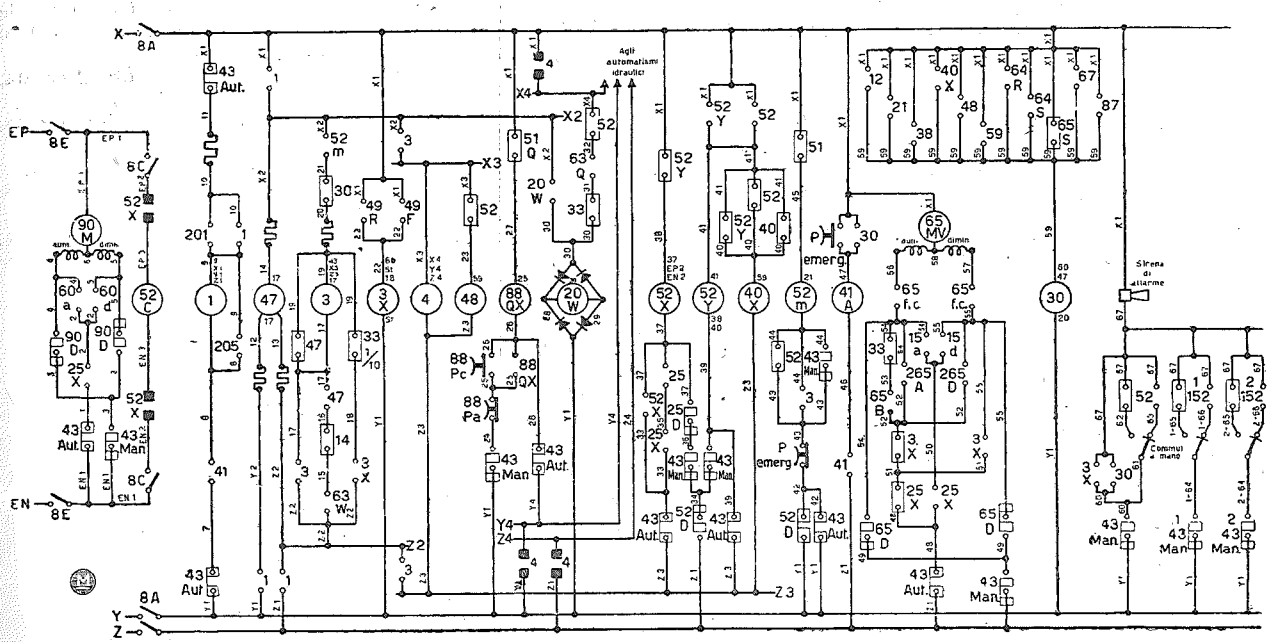

Fig. 9.

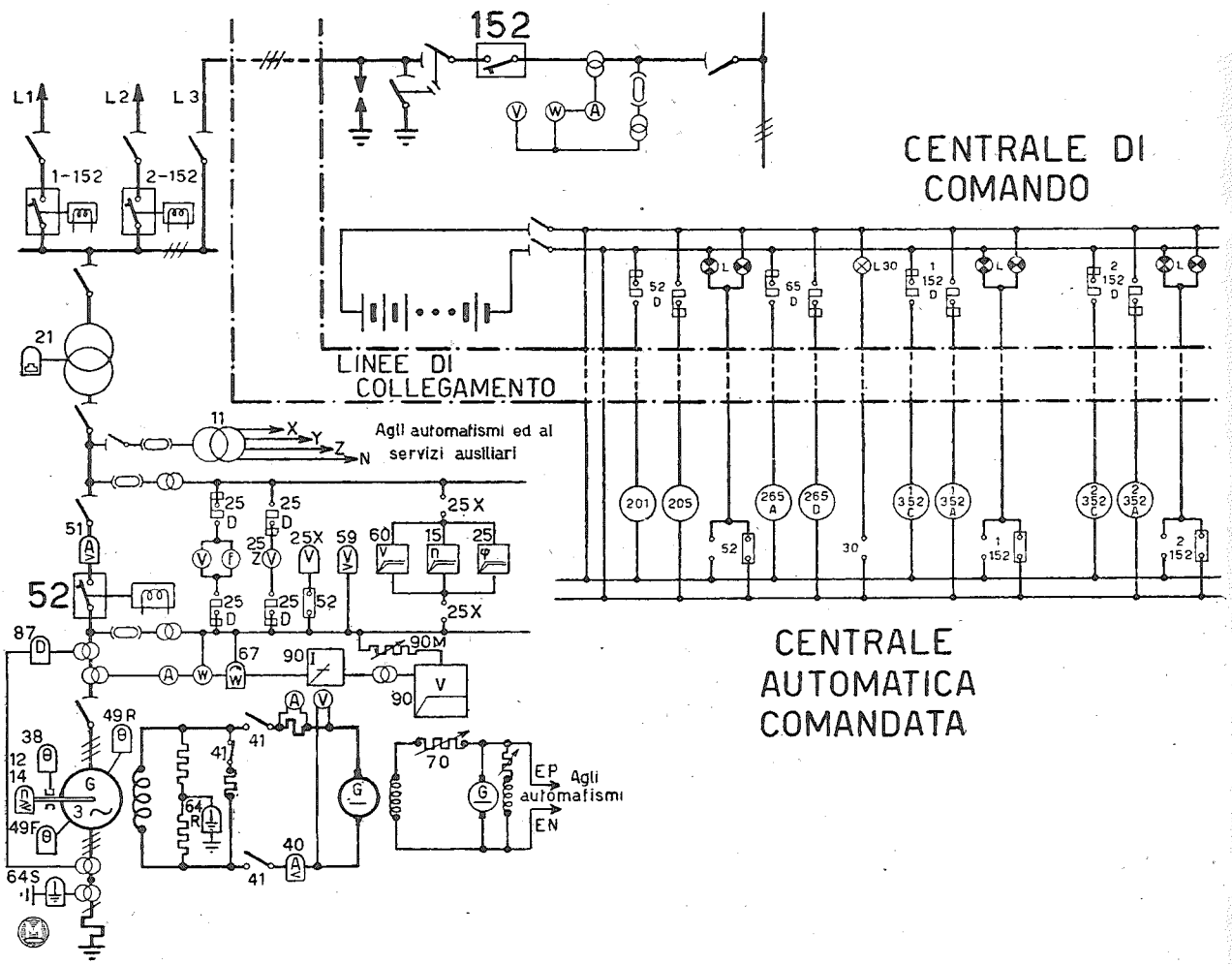

Fig. 8.

a) facilita la preparazione dello schema esecutivo;

b) rende più rapida ed economica l'esecuzione materiale dei collegamenti;

c) facilita i controlli.

Infatti, basta riportare sullo schema topografico vicino ad ogni morsetto lo stesso numero che nello schema funzionale è dato al conduttore che arriva a quel morsetto, per aver subito una indicazione delle connessioni che devono essere tracciate; se poi in officina quello stesso numero viene materialmente scritto vicino ad ogni morsetto, l'operaio che esegue le connessioni non deve nemmeno guardar lo schema, ma basta che colleghi elettricamente tutti i morsetti che hanno lo stesso numero.

Questa corrispondenza fra i numeri dello schema funzionale con i numeri dello schema topografico e dei morsetti degli apparecchi reali inoltre facilita i controlli sia in sede di disegno che di esecuzione e soprattutto durante le prove e l'esercizio.

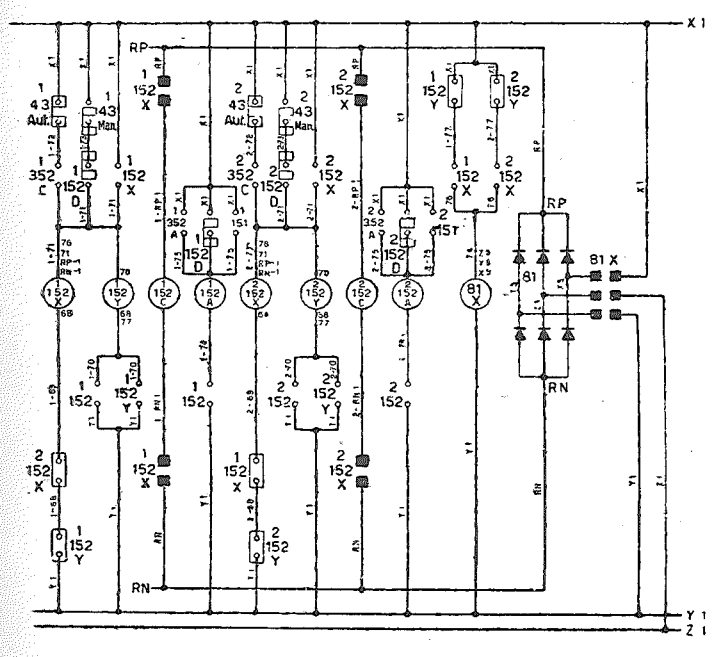

Fig. 9 (seguito).

V. — Contatti degli apparecchi: numero e tipi.

È spesso utile avere immediatamente per ogni apparecchio il numero ed il tipo dei contatti e l'indicazione del circuito nel quale questi vari contatti sono inseriti: questo sia per facilitare chi deve stabilire il tipo dell'apparecchio da impiegare sia per orientare chi deve interpretare ed usare uno schema funzionale.

Per avere anche questa facilitazione è consigliabile scrivere vicino al simbolo di ciascuna bobina: sopra il numero dei conduttori nei quali sono inseriti dei contatti concordi e sotto il numero dei conduttori nei quali sono inseriti i contatti discordi come nell'esempio della fig. 7.

Chiudo queste brevi note dando in fig. 9 lo schema funzionale, tracciato applicando le osservazioni precedenti, di una centrale automatica con i collegamenti fondamentali della fig. 8 e con comando a distanza di: avviamento ed arresto, di regolazione del carico, di manovra degli interruttori delle due linee partenti.

Per facilitare la comprensione a chi non ha ancora familiarità con gli schemi funzionali si dà una breve descrizione: con 8A, 8E e 8C chiusi e con il 43 ed i 143 sulla posizione di « automatico »:

I - Chiudendo 152 nella centrale principale si mette in tensione la linea L3, il trasformatore 11 e le sbarre XI-YI-ZI.

II - A distanza mediante il deviatore 52D si eccita 201 e quindi il contattore d'avviamento 1 che mette in tensione le sbarre X2 e Z2 purchè sia chiuso l'interruttore di eccitazione 41.

III - Se la tensione è superiore alla minima e la rotazione delle fasi è giusta si eccita 47: se 51 è in riposo e 52 è aperto si eccita anche 52m elettromagnete di minima tensione del 52.

IV - Si eccita 3 se: 52 m è eccitato, 30 è in riposo, 47 è eccitato, la macchina è ferma o gira ad una velocità inferiore alla minima (contatto 14 chiuso), il livello 63 W nella vasca di carico è sopra il minimo.

V - Chiuso 3 si mettono in tensione le sbarre:

X3 - Z3 e si eccitano 4 e 48.

VI - Chiuso 4 si mettono in tensione le sbarre X4-Y4-Z4, si eccita 88QX e si mette in marcia la motopompa pilota 88Q che manda l'olio in pressione agli automatismi idraulici.

VII - Quando l'olio ha raggiunto la pressione stabilita si chiude 63Q e, se 52 è aperto e 33 chiuso, si eccita 20W che muove il cassetto di distribuzione che fa aprire la valvola rotativa 20.

VIII - A 20 aperta si avvia la sequenza degli automatismi idraulici, in particolare 65B comanda il variagiri per far aprire il distributore fino a 1/10 circa e per mettere in rotazione il gruppo.

IX - Quando la velocità è vicina al valore normale il regolatore idraulico prende il controllo della turbina.

X - Quando la tensione dell'alternatore ha quasi raggiunto il valore normale si eccita il 25X che inserisce il 15, il 60, ed il 25; il 15 agisce sul 65MV per mantenere la frequenza della macchina eguale a quella della rete; il 60 agisce sul 90M per fare in modo che il regolatore automatico di tensione mantenga la tensione dell'alternatore eguale a quella della rete; il 25 verifica quando la tensione, la frequenza, e la fase della macchina coincidono con quelle della rete per chiudere il proprio contatto 25.

XI - Con la chiusura del 25 si eccita 52X che fa eccitare 52C e questo effettua la chiusura dell'interruttore di parallelo 52.

XII - Con il comando a distanza attraverso i servomotori 265A e 265 D si regola il carico della macchina.

XIII - L'arresto della centrale si ottiene mediante il deviatore 52D che eccita 205 che a sua volta fa diseccitare l'1, quindi tutti i soccorritori degli automatismi; per evitare sollecitazioni alle macchine è bene, tutte le volte che si ha il tempo per farlo, riportare prima il carico a zero con il variagiri.

XIV - Se i rilevatori di protezione della temperatura del rame e del ferro 49R e 49F intervengono, si eccita il 3X che agisce sul motorino variagiri per riportare a zero il distributore e che poi, a 33 quasi chiuso, diseccita il 3 che diseccita il 52m e fa aprire il 52.

XV - I rilevatori di massima 51, quando agiscono, sganciano meccanicamente l'interruttore; inoltre diseccitano il 3 attraverso il 52m.

XVI - Dopo che hanno agito le protezioni 49R - 49F e 51 il 3 si rieccita e la macchina si riavvia e si rimette in parallelo se i rilevatori sono ritornati nelle condizioni normali e dopo che la velocità della macchina è diminuita tanto che il centrifugo possa chiudere il proprio contatto 14 di minima velocità.

XVII - Se interviene una delle protezioni seguenti:

12 - massima velocità,

21 - relè Buchholz del trasformatore principale,

38 - massima temperatura supporti,

40 - mancanza di eccitazione o mancato ingancio dell'interruttore,

48 - mancato compimento della sequenza di avviamento nel tempo previsto,

59 - massima tensione,

64R - massa rotore,

64S - massa statore,

65S - dispositivo di blocco degli automatismi idraulici,

67 - ritorno di energia,

87 - differenziale,

si eccita il dispositivo di blocco 30 che diseccita il 3 e quindi il 52m e fa aprire il 52; il 30 eccita anche il 41A che fa aprire il 41; a 30 eccitato si accende nella centrale di comando la lampada L30 di allarme.

XVIII - Per riavviare la centrale dopo un intervento del 30 bisogna eliminare la causa che ha provocato l'arresto, riportare a mano il 30 nelle condizioni normali e chiudere a mano l'interruttore di eccitazione 41.

XIX - Per evitare manovre inutili sulla valvola rotativa il 20W si diseccita e permette che la valvola rotativa si richiuda solo quando manca tensione alle sbarre X2 e cioè solo quando viene diseccitato l'1 oppure quando sono aperti sia 52 sia 152.

XX - La manovra degli interruttori 1-152 e 2-152 delle due linee partenti per alimentare due gruppi di utenti vicini è pure comandata a distanza; gli elettromagneti di chiusura sono alimentati attraverso un raddrizzatore 81 per servizio istantaneo che resta inserito solo per il breve tempo richiesto da ogni manovra.

Bergamo, dicembre 1945.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Il comando Thy-mo-trol.

Nella comunicazione del collega A. Tescari pubblicata sul n. 6 de « L'Elettrotecnica » *del 10-25 giugno è fatto cenno di un nuovo sistema di comando per motori a corrente continua noto sotto il nome di Thy-mo-trol (THYratron - MOtor - conTROL).*

Tale tipo di comando viene costruito dalla General Electric Co. in esecuzioni normali di serie per motori fino a 15 kW e in esecuzioni speciali per motori di maggiore potenza. Poichè esso ha pregi e caratteristiche del tutto singolari e può trovare utile impiego in numerose applicazioni, ritengo possa interessare di conoscerne qualche particolare.

Il comando Thy-mo-trol offre tutti i vantaggi degli azionamenti a corrente continua senza però richiedere l'esistenza di energia alimentatrice di tale natura in quanto il motore a corrente continua viene alimentato con corrente alternata attraverso un complesso costituito da un trasformatore e da tubi elettronici raddrizzatori e di controllo.

Esso consente l'avviamento, l'arresto rapido, la registrazione a impulsi, l'inversione del moto, la predeterminazione della velocità di regime e la possibilità di variarla in servizio, di motori a corrente continua in derivazione. Tutto ciò senza impiego di parti in movimento. Una particolare compensazione consente inoltre di mantenere la velocità di regime praticamente costante fra vuoto e carico.

L'avviamento ha luogo a corrente costante, cioè senza salti come nei comuni avviatori; la corrente assume automaticamente quel valore che è necessario all'accelerazione del motore. Una volta raggiunta la velocità di regime essa si riporta al valore corrispondente al carico sul motore. Se questo per una causa qualsiasi dovesse bloccarsi, la corrente assume di nuovo un valore massimo senza oltrepassarlo, dopo di che, persistendo l'inconveniente, il motore viene disinserito da un dispositivo di protezione termico.

Macchine operatrici provviste di azionamento Thymo-trol possono pertanto essere allacciate alle normali reti di distribuzione come se fossero provviste di motori a corrente alternata. L'apparecchiatura non è ingombrante e di regola viene conglobata nella stessa macchina operatrice.

Il campo principale di applicazione del comando Thymo-trol è quello delle macchine utensili, tuttavia è evidente che esso può essere usato con vantaggio praticamente in qualsiasi industria dove siano richiesti azionamenti a velocità regolabile entro vasti limiti e con possibilità di manovra facili e rapide.

Con perfetta osservanza

Milano, 30 agosto 1946. C. CARDINI

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Riparazione del cavo telegrafico sottomarino Calaspada-Fiumicino (giugno 1946). — La flotta cablografica nazionale si componeva all'inizio della guerra di quattro navi: « Città di Milano » di 5000 tonnellate, « Giasone » di 2000, « Rampino » e « Orione » di 500.

L'Italia poteva così eseguire col massimo rendimento qualsiasi riparazione su cavi sottomarini sia in Oceano sia in mare Mediterraneo aperto, sia infine presso la costa.

Affondati la « Città di Milano » e « l'Orione », preso dagli Alleati il « Giasone », alla nostra Marina rimaneva solo il piccolo « Rampino » costruito e dotato di materiali cablomarinareschi atti per lavorare solo in vicinanza di coste ed a profondità limitate.

La rete telegrafonica sottomarina era, alla fine della guerra, in condizioni gravi non essendosi potuti effettuare lavori di riparazione per tutta la durata delle operazioni belliche.

La situazione più seria si manifestava nelle comunicazioni Continente-Sardegna ove tutti i cavi, tranne uno, il coassiale « Fiumicino-Olbia », erano in avaria.

Le comunicazioni con l'isola venivano quindi unicamente affidate a questa linea. I guasti negli altri cavi erano a profondità e distanza dalla costa tali da far ritenere impossibile ripararli col solo « Rampino ».

Riuscite tuttavia vane le richieste avanzate presso il Comando Alleato allo scopo di ottenere una nave idonea per eseguire almeno una riparazione, si decise di studiare la possibilità di tentare alcuni lavori (almeno quelli che si presentavano meno difficili) col « Rampino ».

Il cavo Talamone-Caprera era guasto a circa 700 metri di profondità e abbastanza vicino alla costa. La nave poteva così trovare rapidamente riparo in caso di cattivo tempo.

Il tentativo di riparazione effettuato nel luglio 1945 fu coronato da successo.

Quattro mesi più tardi si presentò all'Italcable l'urgente necessità di riparare il cavo Anzio-Barcellona. Le condizioni marittime erano analoghe a quelle del caso precedente. Fu deciso di tentare e la riparazione riuscì.

Il cavo Talamone-Caprera era però uno dei più vecchi e non dava affidamento. Si guastò infatti in altro punto, più vicino al Continente, dopo circa sei mesi.

Si ritornava così alla grave situazione di un solo collegamento Continente-Sardegna.

Allo scopo di eliminarla e dare, nello stesso tempo, una nuova via per smaltire il traffico esuberante era quindi necessario riparare il cavo Fiumicino-Calaspada, abbastanza recente e posato in buone condizioni di fondo. Nel suo esercizio aveva, fino ad ora, dato luogo a un solo guasto: quello da riparare (gli altri cavi Continente-Sardegna davano minore affidamento ed erano interrotti in punti ugualmente difficili).

Tuttavia il tentativo di riparazione a mezzo della nave « Rampino » presentava notevoli difficoltà per la profondità dei fondali, che sorpassavano i 1000 metri (tentativi a tale quota non erano ancora stati fatti col « Rampino ») e per la distanza della zona del guasto da un porto di ridosso.

La piccola nave, sovraccarica per la notevole quantità di cavo necessaria alla riparazione, poteva così essere posta in condizioni difficili qualora fosse stata sorpresa dal maltempo che non è troppo raro nel Tirreno anche durante la buona stagione.

In vista della grande utilità che la riparazione avrebbe portato alla sicurezza e stabilità delle telecomunicazioni tra il Continente e la Sardegna si decise di tentare l'operazione.

Alla prima grappinata con perfetta manovra il comandante Fetta prendeva il cavo che alle 13 era portato sotto prua e tagliato.

Il tratto verso la Sardegna risultò buono, quello verso Fiumicino guasto. Da misure eseguite dall'ing. Brugnoli e dallo scrivente risultò trattarsi di una derivazione a circa 5 miglia di distanza.

Si doveva quindi o giuntare il cavo e andare a grappinare più vicino al guasto, oppure salpare circa 5 miglia di cavo per raggiungere il punto difettoso. Questa seconda soluzione oltre alle difficoltà di salpamento presentava il pericolo di appesantire maggiormente la nave e di metterla sempre più in difficoltà, in caso di cattivo tempo, ma evitava una seconda grappinata. Inoltre, poichè si trattava di una derivazione (e quindi non era necessario grappinare l'altra cima come avviene nelle rotture) lasciava la speranza di poter condurre a termine la riparazione in breve tempo.

Dopo molte ore di faticoso lavoro per il salpamento del cavo, alla mattina il guasto venne a bordo.

Fu tagliato il cavo e provata la cima verso Fiumicino. Era buona. Fu eseguito il giunto con la pezzatura di cavo a bordo e si iniziò la posa verso la boa.

Verso le 18 la posa era compiuta. Le due cime di cavo, verso Calaspada e Fiumicino erano a bordo.

Ambedue i tratti provati risultavano buoni. Fu iniziato il giunto finale che venne lanciato a mare poco dopo le 21.

Successivamente alle 22 dal casotto di Fiumicino veniva provato il cavo con esito favorevole e il personale di Fiumicino comunicava allora al Ministero la riuscita dell'operazione.

Tutto il personale civile e militare si è prodigato al massimo per il felice esito dell'impresa.

Ing. ANNIBALE BLANCHI, *Delegato ministeriale a bordo.*

* *

Unificazione per impianti di bordo. — Un importante gruppo di elementi elettrici sono stati recentemente unificati per iniziativa della S. Comm. Nav. III dall'Ufficio di Unificazione nel campo Navale U.N.A.V. di Genova, in accordo anche col S. C. 18 del C.E.I.

La *tabella U.N.A.V.* 1008 si riferisce alla *serie delle tensioni nominali* unificate per impianti di bordo; essa comprende 6 gruppi: 1°) per forza motrice; 2°) per luce e riscaldamento; 3°) per lampade portatili in luoghi particolarmente pericolosi; 4°) per impianti di segnalazioni interne; 5°) per installazioni telefoniche; 6°) per impianti di radio comunicazioni.

Venne prevista la possibilità di impiego della corrente continua e della corrente alternata ed è stato tenuto conto dei valori delle tensioni attualmente in uso sulla grande maggioranza delle navi italiane.

La tabella U.N.A.V. 1009 riporta la *serie dei valori in A delle intensità di corrente nominali* per impianti elettrici a bordo di navi. I valori corrispondono a quelli della serie R 5 dei numeri normali (di Renard) fino a 16 A e della serie R 10 per i valori maggiori (v. tab. U.N.I. 2016).

La tabella *U.N.A.V.* 1010 è relativa alla *serie dei numeri di giri e delle potenze normali per le macchine elettriche* di impianti navali.

I vincoli dimensionali sono stati limitati alle macchine di potenza inferiore a 100 kW.

Per le macchine di potenza superiore a 100 kW, fino a 1000 kW è prevista la tipizzazione, ossia i vincoli sono limitati alla sola potenza e numero di giri al minuto lasciando al costruttore piena libertà per i dati dimensionali.

Per macchine di potenza oltre i 1000 kW viene solo raccomandato di adottare i numeri di giri/min indicati in tabella e potenze secondo i numeri della serie R 40 dei numeri normali.

Nel complesso la tabella risponde alle esigenze delle macchine elettriche per usi navali e quindi venne approvata dopo accurato esame dai membri della Soc. Comm. Nav. III dell'U.N.A.V. e successivamente anche dal C.E.I. e dal R.I.N.A.

* *

Il **Bureau dell'Union Internationale des Télécommunications** ha ripreso la tradizione di pubblicare le riproduzioni di ritratti di scienziati particolarmente benemeriti di questo ramo dell'elettrotecnica.

Viene segnalata la messa in vendita del ritratto di H. Hertz, in acqua-forte, di formato 23 × 17 cm, su carta di lusso. Esso può essere acquistato inviando la somma di 3 franchi svizzeri al Bureau (Berna - Effingerstrasse, 1) comprese le spese di porto e di imballaggio.

Il Bureau ha ancora disponibile un certo numero di copie dei ritratti, precedentemente pubblicati di: Morse, Hughes, Bell, Marconi, Baudot, Gauss e Weber, Maxwell, Ferrie, Siemens, Popov, Ampère; essi possono essere acquistati al prezzo di 3 franchi svizzeri ciascuno.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

ARTURO ROVERSI: *Disegno edile.* (Ed. Hoepli, Milano, 1 volume, formato 25 × 34 cm, di pag. 39 più 124 tavole. Prezzo L. 350).

Il testo contenuto nelle prime pagine non è illustrato ma fa riferimento, argomento per argomento, alla ricca serie di tavole che costituisce la seconda parte del volume.

La prima parte delle tavole riguarda la risoluzione dei problemi di geometria descrittiva ed il metodo per ottenere le sezioni è stato ampiamente trattato; i problemi di compenetrazione sono stati svolti su elementi edili. La parte principale però delle tavole (da tav. 30 a 124) è dedicata al disegno edile-architettonico. Vi è una larga esemplificazione di progetti di edifici corredati di tutte le rappresentazioni grafiche occorrenti. Segue una rappresentazione di prospettive con la indicazione delle realizzazioni. A ciò è aggiunta una parte sul metodo di costruzione delle ombre e chiude una appendice con delle tavole esemplificative di interni ed esterni di edifici sacri e profani. Il volume è destinato a disegnatori, geometri, periti edili, ecc.

*

GIOVANNI GIORGI: *La frantumazione dell'atomo.* (Ed. N. Ruffolo, Roma, 1946. - Un volume di 17,5 × 25 cm, di pagg. 148, con 5 figure).

Il volume è destinato alle persone colte che vogliono gettare uno sguardo nella fisica nucleare e rendersi ragione delle disintegrazioni e trasmutazioni atomiche. Il volume ha molti pregi: di essere esposto in forma chiarissima, facile e col massimo rigore scientifico; poi di essere succinto; poi ancora di non far ricorso a mezzi matematici o a poco accessibili teorie fisiche. L'A. rimane sul terreno solido delle nozioni acquisite e guida il lettore con mano sicura. Si parte da ciò che si conosceva dell'atomo alla fine del X secolo e poi, via via, attraverso le prime misure delle dimensioni atomiche, i moti Browniani, i raggi catodici e canali, la radioattività si arriva alla prima tappa: la costituzione dell'atomo. Dalla struttura di essa tracciata da Rutherford, alle prime trasmutazioni della materia, alle catene radioattive, agli isotopi e, attraverso gli sviluppi della fisica nucleare si arriva alle conquiste moderne. Queste si possono compendiare nella frantumazione del nucleo. Un particolare capitolo è dedicato a questo argomento in quanto ha somma importanza chiarire non solo i mezzi per arrivare alla frantumazione, ma le condizioni e i risultati che ne possono conseguire, nonchè gli accorgimenti per regolare ed infrenare il fenomeno. Concludendo: tra i moltissimi libri che sono apparsi sull'argomento in questi ultimi tempi, quello dell'A. è certamente fra i più raccomandabili e degno di figurare nella biblioteca di una persona di una certa levatura. *r.*

*

FERAUDI BENEDETTO: *Meccanica tecnica.* (Hoepli, Milano, 1945. - Tre volumi di 18 × 23,5 cm, di 731 pagine, con 731 figure e 8 tavole fuori testo. Prezzo dell'opera completa L. 680).

Questa opera ha già conosciuto varie edizioni precedenti. L'attuale infatti è la quinta edizione del primo volume, la quarta del secondo, la terza del terzo. Non è il caso quindi di entrare in un'analisi critica.

L'opera abbraccia la meccanica generale (le leggi del moto, forza, lavoro, energia e loro relazioni) le resistenze passive, la resistenza dei materiali ed i meccanismi di trasmissione, la dinamica delle macchine e i loro organi, gli apparecchi di sollevamento e trasporto, gli strumenti e i metodi di misura delle grandezze fisiche. L'opera non ricorre al calcolo sublime ed è corredata di numerosi esempi numerici. È accessibile a chi si avvia agli studi superiori. La veste tipografica è decorosa e la stampa accurata. *r.*

*

FERRARI ADOLFO: *Esercizi di calcoli chimici e chimico-fisici.* (Libreria Editrice Politecnica, Milano, 1946; un volume di 18 × 25,5 cm, di 248 pagine, con 14 figure e 4 tavole fuori testo. Prezzo L. 500).

Riceviamo questo volume uscito ora in seconda edizione e destinato agli studenti universitari. Dato il modo come il volume è steso, riteniamo possa tornare utile anche a molti già laureati che abbiano la necessità o semplicemente il desiderio di rinfrescare qualche nozione sull'argomento. Agli esercizi precede una succinta esposizione delle proprietà in esame e la presentazione delle formule basilari. Le leggi esposte riguardano: lo stato gassoso; il calcolo dei pesi atomici e molecolari; lo stato liquido; lo stato solido con particolare riferimento ai reticoli cristallini; le proprietà additive molecolari; termochimica e velocità di reazione; equilibrio chimico; elettrochimica, solubilità ed idrolisi. Il volume di carattere strettamente scientifico si presenta in veste tipografica elegante ed accurata, per disposizione, scelta dei caratteri, evidenza delle formule. *r.*

*

B. DEL NUNZIO: *Fisica tecnica.* Parte I: *Trasmissione del calore.* (Padova. Casa Editrice CEDAM, 1946. Un volume di 17 × 25 cm, di 185 pagine, con molte figure. Prezzo L. 200).

Il volume, in litografia, espone i fondamenti della teoria della trasmissione del calore secondo i procedimenti classici, ma con intendimenti anche applicativi. Il libro, dedicato agli studenti delle Scuole di ingegneria, ha una impostazione prevalentemente didattica ed è steso in forma chiara, concisa e precisa. Il primo capitolo riguarda la conduzione, compresi i problemi relativi al regime variabile. Segue un capitolo sulla radiazione, dei solidi e degli aeriformi; sono dati i fattori di emissione per varie forme e posizioni relative delle superfici interessate alla radiazione ed è fatto cenno del problema delle fiamme luminose.

Seguono due capitoli dedicati alla convezione naturale mentre per quella forzata è fatto rinvio ad altra pubblicazione.

Un capitolo è dedicato alla adduzione del calore in regime stazionario o variabile. L'ultimo, riguarda la trasmissione del calore fra fluidi e il riscaldamento dei corpi di varia forma.

*

A. CHEVALLIER: *Télétransmission par onde portenses dans les réseaux de transport d'énergie a haute tension.* (Parigi, Ed. Dunod, 1946. Un volume di 16 × 25 cm, di 108 pagine, con 124 figure. Prezzo 390 franchi).

L'impiego delle comunicazioni e segnalazioni a mezzo di onde portanti su le linee di trasmissione di energia va prendendo uno sviluppo sempre maggiore sia per l'esercizio sia per la protezione delle linee stesse; si è andata creando a tale riguardo una tecnica specializzata che, pur avendo molte affinità con altre applicazioni delle correnti ad alta frequenza, presenta pure parecchi aspetti particolari.

Il libro che presentiamo, il quale raccoglie ed espone

in un quadro organico i fondamenti e lo stato attuale di tali applicazioni, sarà accolto con interesse da tutti quei tecnici che devono occuparsi dell'esercizio di reti di trasmissione di energia come anche dai costruttori di apparecchiature ad alta tensione.

L'A. espone prima i principi generali della trasmissione in forma semplice e concisa e considera poi il problema particolare della trasmissione sulle linee a alta tensione, illustrando le principali soluzioni pratiche finora adottate con particolare riguardo ai sistemi a modulazione di ampiezza.

Passa poi a considerare successivamente le varie applicazioni: comunicazioni telefoniche, protezione selettiva delle reti col sistema wattmetrico o col sistema Fitzgerald, trasmissione a distanza delle misure, regolazione a distanza.

Senza entrare nei particolari di ogni questione l'A. espone di ciascuna di esse i concetti essenziali, con chiarezza e semplicità, così da dare al lettore una idea generale ma sufficientemente ampia e sempre precisa delle possibilità attuali di questa tecnica, nei limiti imposti dalla limitata mole del volume.

*

CALORIO G.: *I prezzi delle costruzioni.* (Lattes e C., Torino; un volume di 14,5 × 1,5 cm, 400 pagine, 30 tabelle. Prezzo L. 300).

Nel volume sono descritte le analisi dei costi degli elementi delle costruzioni civili in funzione della quantità dei materiali occorrenti e della mano d'opera. Applicando a questi due ultimi elementi i loro prezzi di mercato, maggiorando il risultato delle spese generali e dell'utile di impresa, si giunge al costo del lavoro. L'opera è pregevole ed utilissima anche se i calcoli ivi esposti oggi non siano esenti da un difetto che l'A. stesso accusa: il rendimento della mano d'opera. Subito dopo la guerra 1915-1918 si è verificato una riduzione sensibilissima di tale rendimento. Questo però nel giro di pochi anni è risalito ai valori normali. Oggi dopo la recente guerra il fenomeno si ripete in forma anche più acuta. Speriamo, nell'interesse del Paese, che il ciclo per il ritorno alla normalità si compia nel più breve tempo possibile. Nel frattempo, in regime transitorio l'A. consiglia una maggiorazione percentuale dei costi dal 10 al 20 % per tener calcolo appunto della riduzione di tale rendimento. Il volume ha ottima veste tipografica e la materia è suddivisa in modo da farne un manuale di facile e pronta consultazione. *r.*

*

P. CAMPI - A. RUSCONI: *Fisica nucleare.* (Milano, U. Hoepli, 1946. Un volume di 18 × 25 cm, di 212 pagine, con 64 figure - Prezzo L. 400).

L'enorme interesse suscitato dalla bomba atomica e dai problemi che ad essa si riattaccano per la utilizzazione della energia atomica, ha dato l'occasione a una quantità di pubblicazioni, più o meno serie e di tono più o meno elevato, intese a divulgare la conoscenza dei risultati della fisica atomica e nucleare.

Fra questo fiorire di pubblicazioni, un posto distinto spetta al libro che qui segnaliamo nel quale gli AA. hanno tentato un proficuo contemperamento fra il rigore scientifico della esposizione e la possibilità di renderla facilmente accessibile al maggior numero possibile di lettori. E conviene riconoscere che il tentativo ha avuto successo perchè il libro riesce a dare ad ogni lettore che abbia una certa preparazione, anche se non specializzata, una conoscenza abbastanza chiara e fondata di questo attraente ramo della fisica moderna.

Gli AA. si astengono volutamente dagli sviluppi matematici e teorici attenendosi invece ad una forma di presentazione descrittiva e, fin dove possibile, intuitiva. Con tutto ciò non rifuggono dall'affrontare le più ardue questioni sforzandosi di renderle accessibili senza ricorrere allo strumento matematico. Fino a qual punto, almeno per alcuni argomenti, ciò sia possibile ed efficace è difficile dire ma senza dubbio lo sforzo compiuto dai due Autori è lodevole ed utile.

Per il cambio di indirizzo inviare **L. 26,—** unitamente alla fascetta vecchia

DALLE RIVISTE

Pingoud — **La turbina Kaplan negli impianti a caduta molto variabile.** (Informations Techniques Charmilles, maggio 1945, pag. 8 a 20, con 14 fig.).

Sono noti i vantaggi che la turbina Kaplan presenta nelle basse cadute e portata molto variabile, quale appunto in genere si verifica nei casi di impianti su corsi d'acqua. Non altrettanto illustrati sono invece i pregi che la Kaplan ha negli impianti con salti a forte variazione, e la nota li mette appunto in evidenza, con riferimento a fondamenti teorici ed ai risultati di pratiche ed ardite realizzazioni. L'analisi viene effettuata con riferimento al comportamento dei triangoli di velocità, per diversi valori della caduta, tanto per il caso di una turbina ad elica a pale fisse, quanto per una Kaplan; i due tipi di turbine considerati hanno caratteristiche corrispondenti. I risultati dell'esame teorico vengono completati da una serie di calcolazioni che riportano valori di confronto fra i due tipi di macchine, i quali sono entrambi

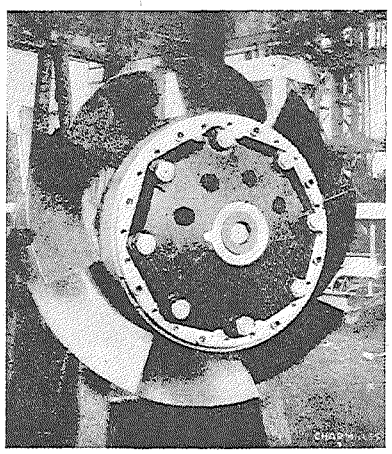

Fig. 1.

equipaggiati da una ruota con 6 pale aventi un rapporto l/t, fra larghezza e passo delle pale, uguale a 1,14, e funzionanti: con caduta normale; con caduta metà della normale, e con due valori di portata per la caduta ridotta. Si rilevano immediatamente i vantaggi che presenta la Kaplan rispetto alla turbina ad elica a pale fisse, che viene appunto considerata come una macchina di transizione, relegata a poche applicazioni: centrali di base, od a piccole installazioni non utilizzanti l'intera disponibilità del corso d'acqua. Fra gli esempi citati di applicazione di Kaplan a salti variabili, viene riportato quello relativo all'impianto di Rocchetta delle Acc. e Ferr. Lomb. Falck. Qui la turbina funziona con un salto di 14/56 m, e sviluppa la potenza di 623/3700 kW, ad una qualsiasi delle velocità di 420/500 giri/min, per generare all'alternatore corrente alla frequenza di 42 oppure di 50 p/s (1).

Ne risulta così un rapporto fittizio fra le cadute estreme, nel funzionamento a 42 p/s, di 1 : 5,67, che costituisce un valore veramente eccezionale. Adeguate prove su apposito modello munito di tubo diffusore in vetro per l'esame dell'efflusso, hanno condotto all'impiego di una Kaplan ad 8 pale (fig. 1), con disposizione ad asse orizzontale per il funzionamento dell'alternatore come

(1) Sarà forse opportuno richiamare che lo studio idraulico di questa macchina è stato condotto dagli Ateliers de Charmilles, di Ginevra, mentre la costruzione è stata eseguita dalla Soc. Franco Tosi.

motore, per comandare durante il periodo di accumulazione, una pompa calettata all'altra estremità del gruppo. In questo caso tale disposizione consente facilità di sorveglianza e manutenzione del macchinario, ed è risultata opportuna anche per il fatto che la turbina funziona sempre in contropressione, variabile da 4 a 10 m, richiesta anche per evitare i fenomeni di cavitazione. Vengono riportati i notevoli valori dei rendimenti rilevati per differenti misure del salto, e per le due velocità di rotazione (fig. 2).

La necessità di creare adatte condizioni di installazione per ovviare alla cavitazione fu ampiamente considerata, fra gli altri dal Thoma, e qui con richiamo a tali studi vengono riportate considerazioni varie che mettono in evidenza come sia possibile risolvere notevoli problemi con l'impiego della turbina Kaplan la quale, per esempio, bene risponde quando, diminuendo la caduta, si debba ottenere portata costante a valle, per esigenze

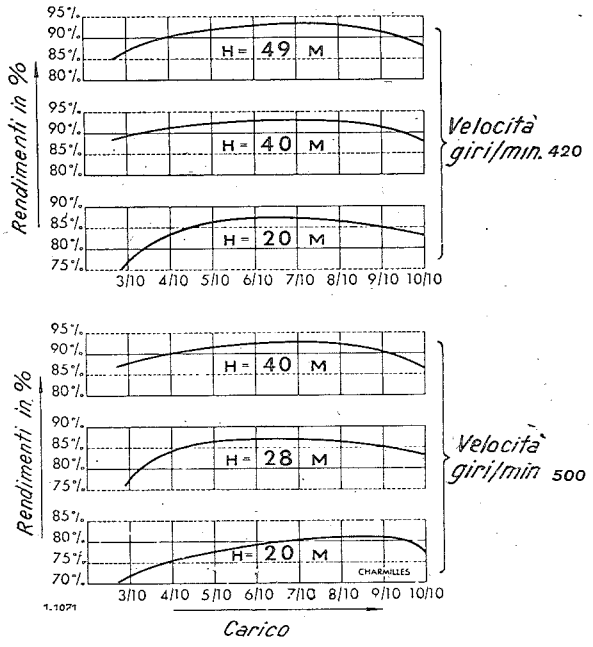

Fig. 2.

di servitù od altro. Così pure essa è utile per portate molto variabili, connesse a salti pure variabili, come si verifica per i corsi d'acqua durante le piene, in quanto consente di attenuare le diminuzioni di potenza per le diminuzioni del salto: naturalmente qui si richiedono vari accorgimenti, con macchine dimensionate piuttosto abbondantemente ecc. I casi limiti di queste installazioni si hanno quando la caduta raggiunge il valore massimo e la portata si riduce al minimo, ed il corso d'acqua è soggetto a piene abbondanti di lunga durata, con notevole sopraelevazione del livello a valle. *E. R.*

*

Monypenny — **Gli acciai inossidabili per palette di turbine a vapore.** (Engineering, 23 e 30 novembre, 7 dicembre 1945, con 5 fig.).

Le palette per turbine a vapore debbono presentare: *a*) resistenza meccanica, duttilità e malleabilità, resistenza a caldo; *b*) resistenza alla corrosione ed all'erosione; *c*) costanza delle caratteristiche per prolungati periodi di funzionamento, e quindi di riscaldamento; *d*) coefficiente di dilatazione all'incirca uguale a quello dei materiali costituenti il rotore o la cassa della turbina; *e*) lavorabilità alla fresa, al trapano, al laminatoio, e ribadibilità al martello, sia a freddo che a caldo; *f*) saldabilità senza che si alterino le proprietà fisiche e chimiche dei materiali; *g*) includibilità per fusione negli acciai o ghise, specie nel caso delle palette distributrici. In pratica non tutte tali caratteristiche sono ottenibili, ed alcune lo sono difficilmente. Così, scartando gli acciai da utensili, presentanti difficoltà di lavorazione e di laminazione, si presero in esame gli acciai inossidabili, con meno di 0,1 % di C, i quali però sono corrodibili dall'acido cloridrico e richiedono opportune correzioni e trattamenti. Diverse leghe, considerate dall'A., sono classificate ed analizzate in tabelle, distinguendo i coefficienti di dilatazione, quelli delle durezze ecc., e discutendone i valori.

Il problema della resistenza al cloro è molto importante, perchè nessun processo di depurazione può eliminarlo completamente dalle acque di alimentazione: tale metalloide accentua inoltre la sua azione corrosiva a caldo, con vapore umido. Infatti man mano che il titolo diminuisce le goccioline di condensa vanno aumentando di concentrazione in Cl, e l'effetto corrosivo si manifesta in pieno. Negli stadi finali dell'espansione l'umidità « pulisce », ed asporta, per azione meccanica di trascinamento, i depositi salini e, d'altra parte, la diminuita temperatura ne rende meno intenso l'attacco. Pertanto le corrosioni che si notano nelle ultime file di palette sono da imputarsi spesso a variazioni di carico, che consentono al vapore di arrivarvi a temperature più elevate di quelle che si hanno a regime. L'azione dannosa aumenterebbe con la presenza di eventuali entrate d'aria in turbina. Il miglior materiale in questo senso è risultato l'acciaio austenitico al 18 % di Cr ed 8 % di Ni; risultati molto buoni si sono pure avuti col metallo Monel (70 % Ni e 30 % Cu).

Un altro problema è quello dello scorrimento viscoso: trascurabile fino a 400 °C circa, dopo non più. Le calcolazioni di stabilità vanno quindi riferite alle proprietà plastiche, non più a quelle elastiche, del materiale, quando si è in genere in presenza di temperature al di sopra dei 400 °C. Numerose sono state le prove eseguite a riguardo, e con vari metodi: con uno si arriverebbe a dichiarare accettabili scorrimenti minori di 10^{-6} cm/ora; con un altro i risultati sarebbero 10 volte superiori e col terzo, essi sarebbero 10 volte minori, e quest'ultimo metodo è seguito negli Stati Uniti.

Anche il problema della resistenza a fatica è poco noto, e sembra che l'indebolimento sia fondamentalmente dovuto: al vapore umido, probabilmente per effetto della corrosione; a vibrazioni manifestantisi per irrazionale attacco delle palette, come presenza di spigoli vivi, cattiva lavorazione, differenza di coefficienti di dilatazione, ecc.

I trattamenti termici possono in generale migliorare le caratteristiche di resistenza, ma per essi si richiede grande oculatezza.

L'acciaio austenitico, al Cr, con aggiunte di tantalio e di titanio, che fanno da stabilizzanti, si comporterebbe egregiamente.

Dal punto di vista tecnologico il miglior modo di fabbricazione e fissaggio delle palette consiste nel lavorare la barra già trattata termicamente, e nel fissare le palette con mezzi puramente meccanici. Gli utensili debbono essere applicati senza giuoco, senza che diano luogo a vibrazioni, debbono tagliare senza interruzione e non debbono lucidare il materiale. Nei riguardi della saldatura si rileva che essa per materiali di lega Cu — Zn richiede la temperatura di 570 °C, per quelli a base di Cu, Zn ed Ag 400÷430 °C; per i segmenti palettati conviene effettuare la saldatura del tassello e piede della paletta, per immersione in un bagno saldante. La saldatura dei fili, o dei nastri in testa, presenta molte incertezze poichè la temperatura non è controllabile ed il rischio di un eccessivo indurimento, ed inadeguato rinvenimento e tempera successiva, è maggiore; si possono inoltre produrre tensioni interne, lungo e presso il cordone di saldatura. *E. R.*

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

VERBALE

dello scrutinio relativo al referendum indetto per la approvazione dello Statuto dell'Associazione

Il giorno 17 dicembre 1946, martedì, alle ore 9,30, come da regolare convocazione, in via S. Paolo 10, nei locali dell'Ufficio Centrale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, si è proceduto allo spoglio delle schede del referendum per l'approvazione dello Statuto.

Sono presenti:

per la Presidenza Generale il Segretario Generale prof. Angelo Barbagelata ed il Tesoriere Generale ing. Gian Antonio Rigatti;

per i Revisori dei Conti il dott. Ottavio Bonazzi, l'ing. Giambattista Bozzolo e l'ing. Carlo Solari; per la Sezione di Milano il Segretario ing. Piero De Pol; per l'Ufficio Centrale il Vice Direttore ing. Cesare Redaelli.

Assiste il Notaio Giuseppe Bottoni.

Le schede pervenute sono 1770, delle quali 30 annullate perchè o con firma illeggibile o pervenute dopo i limiti di tempo e 1740 ammesse alla votazione.

Le schede sono così suddivise:

Sezione Adriatica: 57.
Sezione di Bologna: 134, delle quali 130 valide e 4 nulle.
Sezione di Catania: 15.
Sezione di Firenze: 84.
Sezione di Genova: 142, delle quali 134 valide e 8 nulle.
Sezione di Milano: 619, delle quali 614 valide e 5 nulle.
Sezione di Napoli: 53, delle quali 50 valide e 3 nulle.
Sezione di Palermo: 26, delle quali 25 valide e 1 nulla.
Sezione Pugliese: 71.
Sezione di Roma: 155, delle quali 149 valide e 6 nulle.
Sezione Sarda: 19.
Sezione di Torino: 183.
Sezione di Trento: 25.
Sezione di Trieste: 57.
Sezione Veneta: 130, delle quali 127 valide e 3 nulle.

Dopo aver controllato la rispondenza dei nominativi dei tagliando incollati alle schede con gli elenchi presentati dalle Sezioni si è provveduto a staccare i tagliandi stessi, dopo di che si è proceduto allo spoglio.

I risultati sono i seguenti:

N. 9 schede bianche.
N. 2 schede annullate.
N. 11 schede con « non approvo ».
N. 1718 schede con « approvo ».

Si dà pertanto che lo Statuto deve ritenersi approvato alla quasi unanimità.

Di tutto quanto sopra si dà atto col presente verbale che viene firmato dal Segretario Generale e dal Notaio.

Il Notaio: F.to: GIUSEPPE BOTTONI

CONSIGLIO GENERALE

Verbale della seduta straordinaria del 20 dicembre 1946 - Milano

ORDINE DEL GIORNO

Designazione di un candidato alla Presidenza Generale e di due candidati alla Vice Presidenza Generale per il triennio 1947-1949, da proporre al referendum dei Soci.

La seduta si apre alle ore 10,30.

Sono presenti il Presidente Generale *Semenza*, il Segretario Generale *Barbagelata*, il Tesoriere Generale *Rigatti*, il Vice Direttore *Redaelli*, ed i Consiglieri Delegati per le Sezioni:

Bologna: *Basile*, Presidente.
Firenze: *D'Arbela*.
Genova: *De Micheli*.
Milano: *Faletti*, Presidente, *Barassi*, *Bevilacqua*, *Calì*, *Crescenzi*, *Manzini*.
Torino: *Danieli*.
Rappresentato per procura: *Peterlongo*.

Hanno giustificato l'assenza i Consiglieri: *Serrato* (Genova), *Bordiga* (Torino).

Il Segretario Generale *Barbagelata*, dà lettura dell'atto notarile sull'esito del referendum per l'approvazione del nuovo Statuto.

Hanno votato	1770 Soci
Schede nulle	41
Voti utili	1729
Hanno risposto « *approvo* »	1718
Hanno risposto « *non approvo* »	11

Il nuovo Statuto risulta pertanto approvato ed il Consiglio può passare all'ordine del giorno di convocazione.

Dopo breve scambio di idee, tutti i presenti si trovano unanimi nel proporre ai soci le seguenti candidature:

Ing. *Luigi Selmo* di Torino per la Presidenza Generale.
Ing. *Guido Corbellini* di Firenze
Ing. *Tullio Masturzo* di Napoli } per la Vice Presidenza.

Faletti chiede, col consenso dei presenti, che sia messa a verbale l'espressione di rammarico per il fatto che il prof. Barbagelata ha declinato la candidatura proposta da un forte numero di soci. *Barbagelata* ringrazia vivamente.

Esaurito l'ordine del giorno il *Presidente* ringrazia gli intervenuti e toglie la seduta.

Il Segretario Generale A. BARBAGELATA — *Il Presidente Generale* M. SEMENZA

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI GENOVA

Relazione della conferenza del **dott. ing. Giovanni Del Re** sugli « **Impianti elettrici navali** » tenuta alla Sezione il 22 marzo 1946.

La flotta mercantile rappresenta per la vita dell'Italia una parte essenziale. Il trasporto delle merci da e per l'estero via mare è una delle principali fonti di benessere ed è di primaria importanza per l'economia della nazione.

La nostra flotta mercantile è purtroppo ridotta attualmente a poche unità delle quali pochissime di costruzione moderna e quindi di elevato rendimento. Le navi più grandi, veloci e di lusso hanno subito danni tali che per riportarle al primitivo assetto occorrerebbero capitali enormi, forse non vi sarebbe nemmeno la convenienza economica dato che anche in passato esse rappresentavano più un valore reclamistico e di prestigio nazionale che un vero e proprio interesse economico.

Quanto rimane della nostra flotta mercantile non si può ancora sapere con esattezza, perchè vi sono navi in corso di ricupero e navi che sono all'estero e si spera che possano essere riconsegnate all'Italia. Ad ogni modo, anche nella migliore delle ipotesi, la nostra flotta sarà molto ridotta in confronto di prima della guerra e certamente essa sarà insufficiente ai nostri traffici.

La marina mercantile che dovremo avere in un prossimo avvenire, occorre sia dotata di navi adatte ai reali traffici che verranno a crearsi, quindi le navi dovranno avere il tonnellaggio e la velocità più economica possibile in funzione del servizio al quale sono destinate, in modo da poter sostenere la concorrenza con il naviglio delle altre nazioni.

Scelto il tonnellaggio, la velocità ed il tipo di nave che più si adatta per un determinato o meglio per un gruppo di determinati servizi e trasporti, è necessario portare alla realizzazione tale unità nel modo più economico e nello stesso tempo più perfezionato possibile, così da ridurre al minimo, oltre il costo della nave, anche le spese di esercizio e di manutenzione.

La scelta del tipo e l'esecuzione del macchinario di propulsione, degli ausiliari e delle varie sistemazioni ha quindi un'importanza vitale. Per ogni tipo di nave occorre sce-

gliere, in sede di progetto, quei macchinari e quei sistemi che meglio si adattano, conoscendo e ben vagliando quanto la scienza attualmente ci fornisce per risolvere ogni dato problema.

Non ritengo che verranno costruite navi di grandissimo tonnellaggio, anche se previste per il traffico transatlantico dei passeggeri. Ricordo di aver letto su una rivista che da un calcolo fatto da una società di navigazione, le navi che meglio si adattano a questo traffico dovrebbero avere un dislocamento attorno alle 20 000 t, con una velocità attorno alle 18 miglia. Navi con queste caratteristiche corrispondono bene a tutte le esigenze, sia di comodità e sicurezza per i passeggeri come di economia nelle spese di esercizio e manutenzione.

Navi miste di tipo economico possono essere motonavi da 10 000 t e con 16 miglia di velocità, ed infine navi da carico e navi cisterna da 6 a 8 mila t con la velocità di 12/14 miglia.

Oltre a questi tipi di navi per traffici transatlantici e transoceanici, dovranno essere costruite navi minori per il servizio del Mediterraneo, dell'Africa, del Nord Europa e navi per trasporti di merci speciali con particolari esigenze.

Per l'apparato di propulsione dovrà essere esaminata e vagliata la convenienza di adottare quello elettrico, però non ritengo che tale sistema possa essere applicato con vantaggio sul primo gruppo di navi che verranno costruite. In Italia non abbiamo ancora esempi importanti di navi con propulsione elettrica e manca la necessaria esperienza. Quello che noi possiamo constatare è che la propulsione elettrica potrebbe essere vantaggiosa su navi assai grandi e veloci poichè si vengono ad eliminare i riduttori ad ingranaggi delle turbine e le turbine di marcia indietro; nel caso di navi cisterna perchè l'apparato motore elettrico può mantenere un elevato rendimento anche nella navigazione a nave vuota; inoltre, nei casi particolari dove a bordo occorre continuamente una rilevante disponibilità di energia elettrica, come nelle navi frigorifere, e nelle navi che devono avere grande facilità di manovra.

Come tipo di propulsione in linea generale la corrente continua è stata adottata per gli apparati motori di minore potenza, per le grandi potenze è stata impiegata la corrente alternata, in principio hanno prevalso i motori asincroni, più recentemente i motori sincroni. Sul « Normandie » vi sono 4 motori sincroni da 30 000 kW ciascuno alla tensione di 6000 V e frequenza massima di 80 p/s circa.

Non sono riuscito a visitare, nè ad avere precise informazioni sui risultati ottenuti dagli apparati motori turboelettrici a corrente alternata dei piroscafi tedeschi tipo Potsdam. Pare che andassero bene, infatti sono stati riprodotti su parecchie unità, sia pure con caratteristiche leggermente diverse.

I vari servizi elettrici con il relativo impianto di distribuzione, con i macchinari di generazione e utilizzazione dell'energia elettrica, hanno assunto a bordo, in questi ultimi anni, una importanza fondamentale. Sulle navi moderne oggi i servizi elettrici sono molteplici e svariatissimi, essi hanno invaso tutti i settori della nave apportando enormi vantaggi. Vi sono i servizi che interessano l'abitabilità come: l'illuminazione, la ventilazione, il riscaldamento, i condizionatori, i frigoriferi, le cucine, i forni, gli ascensori, le suonerie, i telefoni, i radiogrammofoni, gli ozonizzatori, ecc.; i servizi così detti di scafo: l'azionamento importantissimo della timoneria, gli argani a salpare e di tonneggio, i verricelli, le gru, i montacarichi, i servizi di macchina, come: compressori, ventilatori, le svariatissime elettropompe ausiliarie dell'apparato motore e quelle che si ricollegano ai servizi di scafo (pompe di acqua dolce, di lavanda), altre interessano la sicurezza (pompe di incendio, di esaurimento, di bilanciamento). Vi sono inoltre i servizi di sicurezza, come: stazioni radioriceventi e trasmittenti, radiogoniometri, radiotelemetri, segnalazioni d'allarme, segnalazioni ottiche, segnalazioni acustiche antinebbia, proiettori, telegrafi, telefoni e suonerie di servizio per le comunicazioni tra i vari posti di comando per la macchina e la navigazione, illuminazione di riserva ed illuminazione di emergenza con le relative stazioni generatrici, avvisatori d'incendio, girobussole, girapilota, scandagli, indicatori di velocità, comandi di porte stagne, ecc. Vi sono poi un'infinità di altri apparecchi elettrici, i più svariati e destinati ai più differenti usi, dai portellini chiaravisione, per vedere fuori del ponte di comando in tempo di pioggia, all'apparecchio sterilizzatore dell'infermeria.

Tutto questo complesso di apparecchi e di servizi deve essere alimentato mediante reti di distribuzione adatte e tali da garantire la continuità di esercizio, pur essendo realizzate nel modo più economico.

La parte elettrica è stata sempre un po' trascurata dal progettista dello scafo e dell'apparato motore; questa trascuratezza rimonta all'origine degli impianti elettrici a bordo. Ritengo che questo sia dovuto a due cause: una è quella che si pensa sempre agli impianti di trent'anni fa, l'altra perchè gli elettricisti si sono sempre adattati facendo a volte giochi di equilibrio per far stare quadri, apparecchiature e cavi negli angusti spazi che erano a loro assegnati. Speriamo che in avvenire le esigenze della parte elettrica siano tenute in maggiore evidenza e che anche gli ingegneri elettricisti possano essere presenti e far sentire la loro voce al momento della ripartizione degli spazi in sede di progetto.

Dalla scelta dei dati fondamentali e dal razionale impiego dei particolari accessori e dalla buona esecuzione, dipende l'economia, la sicurezza e il più o meno buon andamento dei servizi elettrici per tutta la vita della nave. Di conseguenza, la regolarità di tutti gli altri servizi che dipendono dal funzionamento del macchinario e delle apparecchiature elettriche.

Ogni nave ha le sue esigenze speciali, ha i suoi problemi riguardanti il servizio elettrico in generale e quello particolare dei vari circuiti; questi problemi hanno sempre varie soluzioni e il progettista deve scegliere quella più opportuna e razionale vagliando il pro e il contro, senza lasciarsi trascinare da preconcetti o da consuetudini che un tempo potevano essere accettabili ma che oggi con l'evoluzione della tecnica può darsi che portino a sistemi sorpassati.

A questo punto voglio accennare che bisogna tener ben presenti anche gli impianti a corrente alternata trifase con o senza neutro, quelli a corrente continua a 3 fili, quelli unipolari con ritorno a scafo, quelli a corrente costante.

Accennerò brevemente a ciascuno di questi sistemi.

La corrente alternata a bordo ritengo che in determinati casi abbia dei reali vantaggi sulla corrente continua. Il pregio principale sta nel poter impiegare, nella maggioranza dei casi, motori asincroni a gabbia, i quali sono i motori elettrici più semplici, più economici e più resistenti anche se sistemati in condizioni sfavorevoli di ambiente e di manutenzione. Poter abolire i collettori, portaspazzole, spazzole e relativi scintillii è senza dubbio un vantaggio enorme. A questo si aggiunge quello, non indifferente, di abolire anche i reostati sostituendoli con semplici salvamotori o al massimo con commutatori stella-triangolo. Solo in pochi casi sarà necessario ricorrere ad autotrasformatori od a resistenze rotoriche o altro sistema per ridurre la corrente di avviamento ed aumentare la coppia di spunto. I reostati dei motori a corrente continua sono in genere gli apparecchi che danno i maggiori fastidi agli elettricisti di bordo; se essi sono automatici vanno più difficilmente in avaria ma le eventuali riparazioni devono essere eseguite da personale specializzato perchè tali avviatori contengono organi più delicati; se sono del tipo a mano occorre un certo garbo per fare l'avviamento e questo garbo non è una qualità che si riscontra sempre tra il personale che eseguisce la manovra. Facilmente il relè di minima non funziona o il ritorno a zero s'incanta o funziona in ritardo per l'inerzia di rotazione del motore che produce una forza elettromotrice sufficiente a mantenere agganciato il relè ed allora al ritorno della corrente si hanno scatti di automatici e bruciature. Tutti questi ed altri guai si hanno con particolare frequenza sui piccoli motori sparsi su tutta la nave.

Altro vantaggio della corrente trifase è quello di poter ottenere con facilità due tensioni adottando il neutro o con trasformatore. Si possono così avere i circuiti forza a 200 V e quelli luce a 127 V (realizzando una economia nelle lampadine). Il circuito a bassa tensione per le lampade portatili delle sentine e illuminazione dell'interno caldaie si ottiene inserendo un semplice piccolo trasformatore. I circuiti luce porti si possono sempre tenere in funzione con corrente a bassa tensione per commutarli poi a mano o automaticamente su una batteria di accumulatori quando manca o si toglie la tensione all'impianto; lo stesso si può fare con i circuiti luce di emergenza e quindi si può avere con facilità un circuito di luce di riserva.

I principali inconvenienti della corrente alternata sono causati dalla difficoltà di poter ottenere motori a velocità variabile. A bordo occorrono motori a velocità variabile per

gli argani a salpare e di tonneggio, per i verricelli, per le gru, per il viratore delle linee d'assi. In qualche altro caso di pompe o ventilatori, occorrono in genere due sole velocità; si possono quindi prevedere motori a corrente alternata con cambiamento di poli.

La maggiore difficoltà per la messa in parallelo di due generatrici mi sembra facilmente superabile con un po' di buona volontà degli elettricisti e un po' di pratica.

Si ha in apparenza una maggiore complicazione dell'impianto dovendo impiegare cavi a 3 conduttori oppure cavi unipolari senza armatura per i quali occorrono alcune precauzioni nella sistemazione a bordo; anche queste difficoltà credo che si possano superare con qualche accorgimento.

Dal calcolo risulta che l'impianto dei cavi ed accessori, nel caso di corrente alternata è circa equivalente, come peso e come costo, al corrispondente a corrente continua con due fili isolati.

Infatti, le portate a parità di sezione sono minori nei cavi a tre conduttori, però questo svantaggio è quasi sempre compensato dal fatto che nel sistema trifase la corrente di ciascun conduttore è inferiore in ragione di 1,73 con $\cos \varphi = 1$ (per i carichi luce e riscaldamento) e di 1,4 con un $\cos \varphi = 0{,}8$ (per i carichi forza) e quindi si possono impiegare conduttori di minori sezioni per i quali è ammessa una maggiore densità di corrente.

Nei conduttori oltre i 300 mm², anche con frequenze di 50 periodi al secondo e con conduttori in rame, è necessario tenere conto dello skin-effect e si ha quindi una leggera riduzione di portata a parità di sezione, tale riduzione può essere attenuata impiegando cavi anulari, come usano, anche a bordo, gli inglesi e gli americani.

Il pericolo per le persone non credo sia maggiore con la corrente alternata a parità di tensione efficace, anzi pare che per lo skin-effect sia attenuato il passaggio della corrente negli organi interni (che è appunto quello che provoca la morte). In America per la sedia elettrica impiegano la corrente continua perchè pare sia più rapida nel suo effetto.

Il fattore di potenza ritengo che non dovrebbe scendere al di sotto di 0,8 dato che quasi tutti i motori funzionano a carico elevato, solo il motore del timone marcia quasi a vuoto ma rappresenta una piccola percentuale del totale della potenza dei motori normalmente in moto.

Ad ogni modo, se necessario, si può prevedere facilmente uno dei motori di maggior potenza, come ad esempio di un compressore, con motore sincrono disinnestabile e farlo funzionare, quando occorre, da rifasatore per fornire la corrente magnetizzante ai motori asincroni.

I verricelli e gli argani a salpare e di tonneggio, che funzionano solo in porto o in manovra, possono essere alimentati con gruppi Ward-Leonard o a corrente costante col sistema Austin o con metamotori. Le metadinamo, dato che funzionano solo nei porti o in manovra, possono essere accoppiate con innesto ai motori primi dei diesel-alternatori; nel caso di turboalternatori ad elevato numero di giri dovrebbero prevedersi gruppi convertitori.

Il sistema a corrente continua a 3 fili dà la possibilità di avere i circuiti forza a 220 V e quelli luce a 110 V e si ha l'economia nei ritorni suddividendo opportunamente il carico sui due ponti. I due ponti si possono ottenere con una dinamo alla quale vengono aggiunti due anelli collegati ai punti elettricamente opposti dall'avvolgimento, tra i due anelli si inserisce una resistenza fortemente induttiva (divisore Dobrowolsky) ed al centro di tale resistenza si fa far capo il neutro. Si possono adottare anche due dinamo a 110 V collegate in serie; col primo sistema lo squilibrio non deve superare il 10÷12 %, col secondo lo squilibrio non ha importanza. Ritengo che a bordo nella maggioranza dei casi, possa essere accettabile il primo sistema che è anche il più economico.

A Genova la distribuzione a c.c. per il servizio della città era fatta a 3 fili e si avevano dinamo col divisore Dobrowolsky, nella centrale delle Scuole Pie, oppure due dinamo in serie, nella centrale del Carlo Felice.

Il sistema a corrente continua costante può avere anche i suoi pregi specialmente per certi utenti che richiedono le caratteristiche dei motori in serie. In Italia vi sono esempi di navi con tutti i circuiti forza con metamotori alimentati da metadinamo. Non ho alcun dato sui risultati ottenuti con questi impianti dopo qualche anno di esercizio.

In Inghilterra, in Francia, in America è assai diffuso, per gli elettromeccanici di coperta, il sistema Austin a corrente costante.

Il « Normandie », pur avendo la corrente continua, in seguito ai buoni risultati ottenuti sui grandi transatlantici francesi « Lafayette », « Champlain », « Clumbie », è stato equipaggiato con argani a salpare e di tonneggio e gru a corrente costante sistema Austin. Vi sono tre gruppi convertitori di 300 kW, 600 V, 500 A; la distribuzione è effettuata con due anelli, uno per prora e l'altro per poppa. Le gru invece hanno il convertitore proprio montato sulla stessa gru.

Sugli impianti unipolari non voglio soffermarmi troppo perchè la questione della convenienza o meno di adottarli è già stata molto discussa. In tutte le riunioni che si sono fatte, i sostenitori dell'uno e dell'altro sistema sono rimasti sempre dello stesso parere. Credo che questo sia dovuto al fatto che sia l'uno che l'altro ha dei pregi e degli inconvenienti e poichè, oltre al lato tecnico subentra anche quello economico, ciascuno basa le sue convinzioni a seconda che dà la preminenza a questo od a quello.

Io, pur sostenendo come tecnicamente superiori gli impianti bipolari, non escludo che in certi casi possano andare benissimo anche quelli unipolari, i quali hanno certamente un costo inferiore (che però non è metà di quello con sistema a 2 fili ma è ridotto di una percentuale tanto più sensibile quanto maggiore è l'importanza dei circuiti forza che hanno cavi di sezione rilevante).

Le navi tipo Lago Zuai costruite a Taranto, le navi K T, il « Bremen » e tante altre che hanno avuto e avevano impianti unipolari sono andate benissimo, s'intende, per le loro esigenze e per il personale che le eserciva.

I tedeschi, che sono i sostenitori degli impianti unipolari, dicono che tutti gli inconvenienti sugli impianti si verificano sul polo negativo e quindi lo hanno abolito.

Nel campo delle apparecchiature, accennerò all'applicazione dei moderni teleruttori ed a quella dei piccoli automatici che in molti casi possono con vantaggio sostituire le valvole o esserne un utile complemento.

I quadri moderni di bordo sono in grande maggioranza equipaggiati con teleruttori i quali ormai hanno sorpassato il periodo sperimentale e danno sicuro affidamento. La maggior complicazione che si ha per i circuiti di comando è largamente compensata dalla sicurezza e comodità nel fare le manovre. I teleruttori sono sistemati in un locale chiuso e quindi più difficilmente sono soggetti ad avarie, i pannelli di comando sono disposti razionalmente con i relativi organi di controllo su quadri dove l'operatore ha sempre gli schemi sott'occhio ed eseguisce le manovre con pulsanti in modo rapido e sicuro.

I piccoli interruttori automatici, che sostituiscono le valvole nelle sottostazioni, hanno un relè termico contro i sovraccarichi ed uno elettromagnetico contro i corto circuiti. Vi è anche un tipo che può essere avvitato sui normali portavalvole Diazed da 25 A. Automatici simili sono già in esercizio su varie navi e sono anche adattati su alcune moderne unità in corso di allestimento.

Anche l'impiego dei cavi con isolamento in carta dovrà introdursi negli impianti di bordo; tali cavi sopportano più elevate temperature e quindi maggiori densità di corrente in confronto di quelli in gomma. La conservazione di questi cavi è migliore specialmente quando sono sistemati in locali caldi; qualche precauzione sarà sempre da adottarsi alle testate, perchè la carta anche trattata, è sempre un po' igroscopica.

I cavi con conduttori in alluminio non credo che saranno più impiegati dato che il costo per l'applicazione delle speciali teste, che occorrono per garantire l'integrità del conduttore, supera l'economia che si può avere nel costo del cavo.

Tutte le varie soluzioni devono essere tenute presenti nel progettare gli impianti elettrici delle navi e devono essere vagliate sotto tutti gli aspetti. L'adozione di un sistema piuttosto che un altro può portare una non trascurabile economia, semplicità e sicurezza e quindi vale la pena di esaminare anche i sistemi che fino ad ora non hanno avuto a bordo largo impiego (anche se nella progettazione e nella realizzazione di questi si possono presentare applicazioni per le quali non si ha la solita dimestichezza).

Nel campo navale il tradizionalismo ha radici profonde, e questo è anche giustificato, ma attualmente, nella ricostruzione di una flotta mercantile moderna, il tradiziona-

lismo può essere anche un po' sacrificato quando le nuove soluzioni sono applicate a ragion veduta.

Nella costruzione degli impianti elettrici sulle nuove unità, sarà previsto l'impiego di cavi, apparecchiature ed accessori di tipo unificato. L'unificazione, già notevolmente sviluppata nelle grandi nazioni industriali estere, farà risentire i suoi pregi di carattere tecnico ed economico anche nel campo degli impianti elettrici navali. Un apposito ufficio di unificazione nel campo navale (UNAV) del quale fanno parte tecnici delle ditte elettrotecniche, dei cantieri, delle società armatoriali, nonchè degli Enti statali interessati, sta studiando a tale riguardo ed è attualmente in corso di approntamento un importante gruppo di progetti di cavi, apparecchiature ed accessori.

Con l'unificazione sarà possibile ottenere l'uniformità dei materiali adottati su tutte le navi e quindi: garanzia tecnica di rispondenza allo scopo, facilità di approvvigionamento, riduzione di costo, riduzione delle scorte di magazzino, sia presso i cantieri che presso le società armatoriali.

Ritengo ancora possa essere interessante accennare brevemente alle Norme tenute dagli americani per gli impianti elettrici di bordo.

Esiste a New York fin dal 1898 l'American Institute of Electrical Engineers, questo Ente credo corrisponda circa al nostro C.E.I. e compila le Norme per i vari branchi dell'elettrotecnica.

Per il campo navale ha un interessante libro nel quale sono precisate in modo dettagliato e completo, tutte le Norme alle quali devono sottostare gli impianti elettrici di bordo. Queste Norme vengono periodicamente revisionate ed aggiornate e servono pure di riferimento ai registri di classificazione.

Da un sommario esame, ho potuto constatare che, in certi punti, le Norme americane sono meno rigide di quelle italiane ed inglesi ma scendono maggiormente nei particolari. I materiali sono sfruttati di più, pure prevedendo delle temperature ambiente più elevate, come 50 °C e 60 °C. Credo che questo non possa far pensare ad una minore sicurezza ma bensì ad una qualità superiore dei materiali impiegati. Sono previsti cavi con isolamento in gomma ed anche cavi con isolamento in tela verniciata, per questi ultimi sono ammesse temperature fino a 85 °C in ambienti a 60 °C. Gli impianti unipolari non sono ammessi.

Noi troviamo un po' di difficoltà nel consultare le Norme americane perchè tutte le misure sono espresse in pollici, piedi, libbre e dobbiamo tradurle nel sistema decimale. La serie dei cavi sono indicate con l'American gauge ed occorre avere le tabelle di corrispondenza.

* *

SEZIONE DI MILANO

Il giorno 7 febbraio, nel salone sociale di via S. Paolo 10, il socio **prof. dott. ing. Guido Corbellini**, Capo del Servizio Materiale e Trazione delle F. S., della Sezione di Firenze, ha tenuto l'annunciata comunicazione sul tema: « **Il contributo dell'industria alla ricostruzione ferroviaria** ». L'oratore è presentato dal Vicepresidente ing. Tedeschi, il quale esprime il rammarico del Presidente per non aver potuto intervenire alla riunione, perchè trattenuto lontano da Milano per lavoro.

Dopo la brillante esposizione del prof. Corbellini, l'ing. Tedeschi esprime i vivi ringraziamenti propri e di tutti gli intervenuti e rileva con piacere come l'oratore si sia mostrato abbastanza ottimista sulla rapida ripresa ferroviaria.

Aperta la discussione il Presidente Generale, prof. Semenza, porge un saluto al prof. Corbellini, del quale ricorda gli altri importanti contributi all'attività culturale dell'A.E.I., e lo ringrazia ancora per le interessantissime e precise notizie riportate. Rileva poi con compiacimento come da queste notizie risulti che le F. S., nonostante l'opera immane della ricostruzione si preoccupano anche dei progressi e dei miglioramenti da apportare sia alle linee, sia al materiale. Segno evidente della grande vitalità dell'azienda ferroviaria.

Il prof. Corbellini accenna allora al problema della costruzione delle nuove carrozze (si tratta di costruirne ben quattromila) ed ai perfezionamenti che si conta di apportare in questo campo.

L'ing. Tedeschi chiede come mai per le nuove navi traghetto che sono in cantiere si sia pensato di adottare delle motonavi in luogo delle navi a propulsione Diesel-elettrica prima adottate.

Il prof. Corbellini ricorda che le navi di questo tipo erano state adottate soprattutto per ragioni militari; che esse risultavano un po' complicate e costose, soprattutto per la necessità di aumentare il personale di guardia. Le nuove navi progettate richiedono una potenza inferiore alla metà di quella installata sulle navi Diesel-elettriche prima adottate. Accenna comunque che le vecchie navi Scilla e Cariddi verranno, si spera, rimesse in efficienza; e a questo proposito rende noto che i motori elettrici installati sulla Scilla, ricuperati dopo diciotto mesi di immersione in acqua salata, avevano ancora gli isolamenti intatti ed erano in grado di funzionare perfettamente.

L'ing. Migliau chiede al conferenziere se egli non creda che con un apparato motore più semplice di quelli della Scilla e del Cariddi la soluzione a propulsione Diesel-elettrica potrebbe ancora essere preferibile, in vista della grande elasticità e della facilità di manovra.

Il prof. Corbellini ribadisce il suo concetto che la propulsione Diesel-elettrica, per il caso di una modesta nave traghetto, è troppo onerosa, soprattutto per il personale.

Il prof. Semenza rileva che, come ha detto il prof. Corbellini, sui nuovi locomotori tipo 424 sono stati adottati motori con eccitazione composta, il che per grossi locomotori rappresenta una novità. È vero che ciò consente di effettuare il funzionamento a ricupero, ma non gli sembra questa una ragione sufficiente.

Il prof. Corbellini accenna che effettivamente la migliore regolabilità che il locomotore acquista fa guardare con interesse a questo esperimento. Si tratta infatti di provvedimento adottato in via sperimentale. Ad ogni modo egli ritiene che anche la possibilità del ricupero costituisce un lato interessante.

L'ing. Tedeschi chiede come è ottenuta l'eccitazione indipendente.

L'ing. D'Arbela dice che essa è ottenuta mediante gruppetti motogeneratori che erano già installati sui locomotori 424 per riserva; e che appunto questo fatto ha indotto a tentare l'esperimento.

Nessun altro chiedendo la parola, l'ing. Tedeschi chiude la seduta, ringraziando nuovamente l'oratore.

ATTIVITÀ DELLE SEZIONI

SEZIONE DI BOLOGNA (Borsa di Commercio, 24 B).

7 gennaio - ore 18 — Comunicazione del dott. ing. prof. Ercole BOTTANI su « Situazione dell'energia elettrica nel nostro Paese », in un'aula dell'Istituto di Matematica (via Zamboni n. 33, Bologna).

18 gennaio - ore 18 — Comunicazione del dott. ing. Vittorio MODONI su « Misure elettriche a distanza », in un'aula dell'Istituto di Matematica (via Zamboni n. 33, Bologna).

26 gennaio — Visita alle Officine Galileo di Firenze.

SEZIONE DI GENOVA (Piazza Fontane Marose, 6 - Palazzo Spinola).

7 gennaio - ore 18 — Comunicazione del Comandante ing. Gino MONTEFINALE su « Universalità della radio ».

SEZIONE DI MILANO (Via S. Paolo, 10).

10 gennaio - ore 21 — Comunicazione del prof. dott. Vasco RONCHI su « Visione - Fotografia - Radioricezione - Televisione ».

17 gennaio - ore 21 — Comunicazione del prof. dott. Vasco RONCHI su « La modulazione di frequenza nella visione ».

24 gennaio - ore 21 — Comunicazione del dott. ing. Mario GILLI su « Impressioni di un radiotecnico di ritorno dagli Stati Uniti ».

31 gennaio - ore 21 — Comunicazione del dott. ing. Mario GILLI su « Novità americane fra 100 e 30 000 megacicli ».

Per il cambio di indirizzo inviare Lire **26,—** unitamente alla fascetta vecchia

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1947